

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-276524

(43)公開日 平成6年(1994)9月30日

(51)Int.Cl. <sup>3</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 N 7/18	J			
G 0 8 G 1/16	K	2105-3H		
// B 6 0 R 21/00	C	8012-3D		

審査請求 未請求 請求項の数1 O L (全 13 頁)

(21)出願番号 特願平5-60282

(22)出願日 平成5年(1993)3月19日

(71)出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72)発明者 里中 久志

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 水越 雅司

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

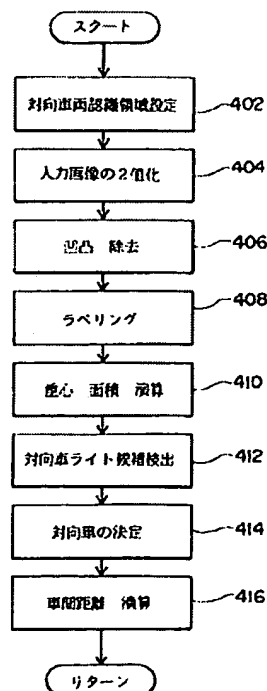
(74)代理人 弁理士 中島 淳 (外2名)

(54)【発明の名称】 対向車両認識装置

(57)【要約】

【目的】 対向車両のヘッドランプや外灯等の光が複数存在する画像から、対向車両を容易に認識する。

【構成】 TVカメラで撮影した画像から対向車両認識領域を設定し(402)、この領域内の画像を2値化しかつノイズ除去した後に明領域にラベリングして各明領域の重心と面積を演算する(404~410)。次に、ヘッドランプと想定される明領域のペアをライト候補とする(412)。このライト候補の下方に明領域があるときにライト候補を対向車両のヘッドランプと認識することで対向車両を認識する(414)。この認識された対向車両のライト候補の間隔から車幅を演算する(416)。従って、外灯等の対向車両のヘッドランプ以外の光点領域が存在しても対向車両のヘッドランプ及びヘッドランプの路面反射光による明領域から対向車両を容易に認識できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 車両前方を撮像する撮像手段と、  
撮像された画像から水平方向に所定間隔隔てた1対の明るい領域を対向車両のライトの候補領域として抽出する候補領域抽出手段と、  
前記候補領域より下側に明るい領域が存在するときに、前記候補領域を対向車両のライトとして認識する対向車両認識手段と、  
を備えた対向車両認識装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、対向車両認識装置にかかり、詳細には、車両の走行中に、自車両の前方を走行している対向車両を検出する対向車両認識装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】従来、車両には、夜間等にドライバーの前方視認性を向上させるために、車両の略先端に配設されて予め定められた範囲を照射するためのヘッドランプが配設されている。

【0003】このヘッドランプには、ステアリング角による走行方向や車速等の車両の走行状態に応じて車両前方の照射方向及び照射範囲を変更するために、ヘッドランプに照射光を遮光するための遮光板を配設してこの遮光板の移動を制御することによって道路に光を照射したときの照射領域と未照射領域との境界部分（以下、カットラインという。）を制御するものもある。

【0004】ところで、ヘッドランプのカットラインを制御すると、この制御したカットラインに内包される照射範囲に自車両の前方を同じ方向に走行している車両（以下、先行車両という。）が存在する場合には、先行車両のドライバーには、不快なグレアを与えることとなる。

【0005】同様に、自車両の前方を逆方向に走行している車両（以下、対向車両という。）にグレアを与えないためにも、先行車両の認識と同様に対向車両の認識が必要となる。

【0006】従って、ヘッドランプのカットラインを制御する場合には、先行車両にグレアを与えることなくカットラインを制御するために、先行車両及び対向車両の位置や方向の認識が必要になる。

【0007】先行車両の認識方法としては、自車両の前方を走行する先行車両のテールランプ（赤色）をカラーCCD等を備えた画像装置（カラーカメラ）で検出し、検出した画像を画像処理して先行車両の位置及び方向を特定する、先行車両の認識装置がある（特開昭62-121599号、特開昭62-131837号、特開昭63-78300号公報参照）。

【0008】しかしながら、テールランプを検出するために、色を検出できる素子を用いることは、検出素子自

体が非常に高価であるため、容易に利用することができない。また、色成分を含む画像の画像処理は、複雑かつ難解であるため、認識装置への負荷が多くなり、実用上は困難である。また、対向車両からはヘッドランプの略白色の光が直接入射されるので、色及び光量に差異が生じる。このため、先行車両と対向車両との判別が容易にはできない。

【0009】これを解消するための対向車両の認識には、自車両にフォトセンサ等の光量検出器を取り付けて対向車両のヘッドランプの光量を検出することにより、対向車両を検出しかつ認識することができる。

【0010】しかしながら、自車両からの光の反射光を検出することや側道周辺の電灯等の光を検出することがあり、光量だけを検出して対向車両と認識すると、他の光を誤って対向車両のヘッドランプの光と認識することがある。

【0011】本発明は、上記事実を考慮して、対向車両のヘッドランプや外灯等の光が複数存在する画像から、対向車両を容易に認識できる対向車両認識装置を得ることが目的である。

## 【0012】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために本発明の対向車両認識装置は、車両前方を撮像する撮像手段と、撮像された画像から水平方向に所定間隔隔てた1対の明るい領域を対向車両のライトの候補領域として抽出する候補領域抽出手段と、前記候補領域より下側に明るい領域が存在するときに、前記候補領域を対向車両のライトとして認識する対向車両認識手段と、を備えたことを特徴としている。

## 【0013】

【作用】本発明の対向車両認識装置では、TVカメラ等の撮像手段によって、車両前方の画像を撮像する。周知のように、通常の車両はヘッドランプを車両前方の左右に1対備えている。また、最近ではヘッドランプの周辺にフォグランプ等の補助灯を配設している車両もある。従って、夜間、撮像手段で対向車両を撮像すると、1つの対向車両が存在すると想定される画像領域には、略水平方向に1対でかつ車幅に応じた所定間隔の光点（領域）が形成される。従って、入力画像から、略水平方向に1対でかつ車幅に応じた所定間隔の明るい領域を抽出すれば、その1対の明るい領域は対向車両のヘッドランプやフォグランプ等のライトである確度が高い。そこで、候補領域抽出手段では、撮像された画像から水平方向に車幅等に対応する所定間隔隔てた1対の明るい領域を対向車両のライトの候補領域として抽出する。

【0014】ここで、車両が走行する周囲の環境には、外灯や反射性の高いビル等の建築物の壁面等があり、撮像された画像には、これらからの光が光点領域として形成されることになる。従って、単に、1対でかつ所定間隔の明るい領域を対向車両のライトと認識するようにす

ると、外灯や建築物等の反射光による光点領域を対向車両のライトと誤って認識することもある。

【0015】ところで、車両のヘッドランプやフォグランプ等のライトは、車両前方を照射するようにしている。また、ライトの配設位置は周知のように、道路に近接している。従って、ライトによる光の照射時に、この対向車両を撮像すると、路面からの反射光を撮像することになる。すなわち、ヘッドランプやフォグランプ等のライトからの直接光の下方でかつ所定位置（路面）に明るい領域が形成されることになる。そこで、本発明で

は、対向車両認識手段により、前記候補領域より下側に明るい領域が存在するときに、この候補領域を対向車両のライトとして認識しているため、より確実に対向車両を認識することができる。

【0017】

【実施例】以下、図面を参照して、本発明の走行車両認識装置が適用された実施例を詳細に説明する。本実施例の走行車両認識装置100は、車両10の前方を走行する他の車両を白黒TVカメラによる階調画像から得る場合に本発明を適用したものである。

【0018】図1に示したように、車両10のフロントボデー10Aの上面部には、エンジンフード12が配置されており、フロントボデー10Aの前端部の車幅方向両端部には、フロントバンパ16が固定されている。このフロントバンパ16の上部、かつフロントボデー10Aの下部には、左右一対（車幅方向両端部）のヘッドランプ18、20が配設されている。

【0019】エンジンフード12の後端部付近には、ウインドシールドガラス14が設けられ、このウインドシールドガラス14の上方でかつ車両10内部には、ルームミラー15が設けられている。このルームミラー15近傍には画像処理装置48（図4）に接続された車両前方を撮影するためのTVカメラ22が配置されている。なお、TVカメラ22の配設位置は、車両前方の道路形状を正確に認識できかつ、ドライバーの目視感覚に、より合致するようにドライバーの目視位置（所謂アイポイント）近傍に位置されることが好ましい。

【0020】上記車両10内には図示しないスピードメーターが配設されており、この図示しないスピードメーターの図示しないケーブルには、車両10の車速Vを検知する車速センサ66が取り付けられている。

【0021】図2及び図3に示したように、ヘッドランプ18は、プロジェクタタイプのヘッドランプで、凸レンズ30、バルブ32及びランプハウス34を有してい

る。このランプハウス34は車両10の図示しないフレームに水平に固定されており、ランプハウス34の一方の開口には、凸レンズ30が固定され、他方の開口には、凸レンズ30の光軸L（凸レンズ30の中心軸）上に発光点が位置するようにソケット36を介してバルブ32が固定されている。

【0022】ランプハウス34内部のバルブ側は、楕円反射面のリフレクタ38とされ、このリフレクタ38によるバルブ38の反射光が凸レンズ30及びバルブ32の間に集光される。この集光点付近にはアクチュエータ40、42が配設されている。このアクチュエータ40、42の遮光カム40A、42Aによって、リフレクタ38で反射集光されたバルブ32の光が遮光されて、それ以外の光が凸レンズ30から射出される。

【0023】アクチュエータ40は、遮光カム40A、歯車40B、40C及びモータ40Dから構成され、アクチュエータ42は、遮光カム42A、歯車42B、42C及びモータ42Dから構成されている。遮光カム40A、42Aは、ランプハウス34に固定された回転軸44に回転可能に軸支されており、遮光カム40Aには歯車40Bが固着されている。この歯車40Bには、モータ40Dに固着された歯車40Cが噛み合わされている。このモータ40Dは制御装置50に接続されている。遮光カム40Aは、回転軸44から外周までの距離が連続的に変化するカム形状をしており、制御装置50からの信号に応じてランプハウス34内で遮光カム40Aが回転することにより、バルブ32の光が通過光と遮光された光とに分断される位置が上下に変化する。同様に、遮光カム42Aは、ランプハウス34に固定された回転軸44に回転可能に軸支されており、遮光カム42Aには歯車42Bが固着されている。この歯車42Bには、モータ42Dに固着された歯車42Cが噛み合わされている。このモータ42Dは制御装置50に接続されている。

【0024】従って、遮光カム40A、42Aの上方に位置が車両前方の配光における明暗の境界であるカットラインとして道路に位置することになる。すなわち、図16に示したように、遮光カム40Aによってカットライン70が形成され、遮光カム42Aによってカットライン72が形成される。この遮光カム40Aが回転することにより、カットライン70は、上部の最下位に対応する位置（図16のカットライン70の位置、所謂ハイビームのときの明部限界位置と同一またはそれ以下の位置）から最上位に対応する位置（図16の想像線の位置、所謂ロービームのときの明部限界位置）まで平行に変位する。同様に、カットライン72は、遮光カム42Aの回転で、最上位の位置（図16のカットライン72の位置）から最下位の位置（図16の想像線の位置）まで平行に変位する。

【0025】ヘッドランプ20は、アクチュエータ4

1. 43 (図4)を備えている。ヘッドランプ20の構成はヘッドランプ18と同様であるため詳細な説明は省略する。

【0026】図4に示したように、制御装置50は、リードオンリメモリ (ROM) 52、ランダムアクセスメモリ (RAM) 54、中央処理装置 (CPU) 56、入力ポート58、出力ポート60及びこれらを接続するデータバスやコントロールバス等のバス62を含んで構成されている。なお、このROM52には、後述するマップ及び制御プログラムが記憶されている。

【0027】入力ポート58には、車速センサ66及び画像処理装置48が接続されている。出力ポート60は、ドライバ64を介してヘッドランプ18のアクチュエータ40、42及びヘッドランプ20のアクチュエータ41、43に接続されている。また、出力ポート60は、画像処理装置48にも接続されている。

【0028】この画像処理装置48は、後述するようにTVカメラ22及び制御装置50から入力される信号に基づいてTVカメラ22で撮影したイメージを画像処理する装置である。

【0029】なお、上記道路形状には、走行路の形状、例えばセンターラインや縁石等によって形成される1車線に対応する道路形状を含むものである。

【0030】次に、本実施例で基にした日中において画像処理により先行車両11を認識し、定速走行等のクルーズ制御をする処理を、図6に示した車両認識走行制御ルーチンを参照して説明する。なお、画像信号によって形成されるイメージ上の各画素は、イメージ上に設定された各々直交するX軸とY軸とによって定まる座標系の座標 ( $X_n$ ,  $Y_n$ ) で位置を特定する。

【0031】図5 (1) には、車両10が走行する道路122をTVカメラ22によって撮影したときのドライバが目視する画像と略一致するイメージ120を示した。この道路122は、車両10が走行する車線の両側に白線124を備えている。このイメージ120によって先行車両11を認識する。

【0032】画像処理装置48にイメージ120の画像信号が入力されると、画像処理が開始され、白線候補点抽出処理及び直線近似処理の順に処理し、車両10の走行レーンを検出したのち、車両認識領域 $W_n$ を設定する (ステップ710)。このステップ710の処理を説明する。

【0033】白線候補点抽出処理は、車両10が走行する車線の白線と推定される候補点を抽出する処理であり、まず、前回求めた白線推定線126の位置に対して所定の幅 $\Delta$ を有する領域をウインド領域 $W_n$ と設定する (図5 (3) 参照)。初回の場合は、予め設定された白線推定線126の設定値を読み取ってウインド領域 $W_n$ を設定する。また、イメージ120の上下の領域には、先行車両11が存在する確度が低いため、上限線128

及び下限線130を設け、この間の範囲を、以下の処理対象領域とする。次に、このウインド領域 $W_n$ 内において明るさについて微分し、この微分値のピーク点 (最大点) を白線候補点であるエッジ点として抽出する。すなわち、ウインド領域 $W_n$ 内を垂直方向 (図5 (3) 矢印A方向) に、水平方向の各画素について最下位置の画素から最上位置の画素までの明るさについて微分し、明るさの変動がおおきな微分値のピーク点をエッジ点として抽出する。このエッジ点の連続を図5 (3) の点線132に示した。

【0034】次の直線近似処理は、白線候補点抽出処理で抽出されたエッジ点をハフ (Hough) 変換を用いて直線近似し、白線と推定される線に沿った直線134、136を求める。求めた直線136、138と下限線130とで囲まれた領域を車両認識領域 $W_n$ として設定する (図5 (4) 参照)。なお、上記道路122がカーブ路のときには、上記求めた直線136、138の傾き差を有して下限線130とで囲まれた領域が車両認識領域 $W_n$ として設定される (図5 (2) 参照)。

【0035】次に、白線候補点抽出処理及び直線近似処理が終了すると、水平エッジ検出処理及び垂直エッジ検出処理の順に処理し、設定された車両認識領域内 $W_n$ において先行車両11の有無を判定すると共に先行車両11の有るときに車間距離 $\Delta V$ を演算する (ステップ720)。このステップ720の処理を説明する。

【0036】水平エッジ検出処理は、車両認識領域 $W_n$ 内において、まず、上記白線候補点検出処理と同様の処理で水平エッジ点を検出する。次に、検出された水平エッジ点を横方向に積分し、積分値が所定値を越える位置のピーク点 $E_n$ を検出する (図5 (5) 参照)。

【0037】垂直エッジ検出処理は、水平エッジ点の積分値のピーク点 $E_n$ が複数あるとき、画像上で下方に位置するピーク点 $E_n$  (距離のより近い点) から順に、ピーク点 $E_n$ に含まれる水平エッジ点の両端を各々含むように垂直線を検出するためのウインド領域 $W_n$ 、 $W_n$ を設定する (図5 (6) 参照)。このウインド領域 $W_n$ 、 $W_n$ 内において垂直エッジを検出し、垂直線138R、138Lが安定して検出された場合に先行車両11が存在すると判定する。次に、ウインド領域 $W_n$ 、 $W_n$ 内の各々で検出された垂直線138R、138Lの横方向の間隔を求めることによって車幅を求め、かつこの先行車両11の水平エッジの位置及び求めた車幅から先行車両11と自車両10との車間距離 $\Delta V$ を演算する。垂直線138R、138Lの横方向の間隔は、垂直線138R、138Lの各々の代表的なX座標 (例えば、平均座標値や多頻度の座標値) の差から演算できる。

【0038】上記処理が終了すると、設定走行処理が実行される (ステップ730)。ステップ730は、定速走行制御や車間距離制御等の設定走行における先行車両の存在をフィードバック制御するための処理例である。

例えば、求めた車間距離 $\Delta V$ が所定値を越える場合に定速走行を継続したり、車間距離 $\Delta V$ が所定値以下になると定速走行を解除したりする。また、車間距離を所定値に制御する場合は、自車両10と先行車両11との車間距離 $\Delta V$ が所定距離を維持するように車速等を制御する。

【0039】以下、本実施例の作用を説明する。ドライバーが図示しないライトスイッチをオンしてヘッドランプ18、20を点灯させると、所定時間毎に図7に示した制御メインルーチンが実行される。本制御ルーチンでは、ステップ200で先行車両が認識され（図8）、次のステップ300で先行車両に対する配光制御のためのアクチュエータのゲインが設定され（図9）、次のステップ400で対向車両11Aが認識され（図11）、次のステップ500で対向車両に対する配光制御のためのアクチュエータのゲインが設定され（図10）、次のステップ600で設定されたゲインに基づいてヘッドランプ18、20が配光制御される。

【0040】次に、ステップ200の詳細を説明する。図8に示したように、ステップ202では、上記と同様に白線検出ウインド領域 $W_s$ を設定する。夜間走行時には、車両10の前方の略40〜50mまでの画像しか検出できず、車両10の前方60mを越える画像の検出が不要である。このため、本実施例では、白線検出ウインド領域 $W_s$ を、車両10の前方60mまでの領域を検出するため、ウインド領域 $W_s$ から所定の水平線140以上の領域を除去した白線検出ウインド領域 $W_s$ を設定する（図12参照）。

【0041】次のステップ204では、白線に沿う近似直線を求める。すなわち、白線検出ウインド領域 $W_s$ 内のエッジ点を検出し、ハフ変換を行って、直線近似された道路122の白線に沿う近似直線142、144を求める（図12参照、上記ステップ710参照）。次のステップ206では、近似直線142、144の交点P、（X座標、 $X_s$ ）を求め、交点P、と基準である直線路時の交点P、（X座標、 $X_0$ ）との水平方向の変位量A（ $A = X_s - X_0$ ）を求める。この変位量Aは、道路122のカーブ路の度合いに対応している。

【0042】次に、自車両10の車速Vを読み取って（ステップ208）、車速V及びカーブ路の度合い（変位量A）に応じて近似直線的位置を補正する左右の補正幅 $\alpha_L$ 、 $\alpha_R$ を設定する（ステップ210）。例えば、カーブ路の度合いを直線路、右カーブ路、左カーブ路の何れかに判定し、各々のカーブ路度合いに応じて補正幅 $\alpha_L$ 、 $\alpha_R$ を設定する。この直線路、右カーブ路、左カーブ路の判定は、直線路とみなせる変位量Aの所定閾値を予め設定することで判定できる。

【0043】直線路とみなされた道路では、高速走行時に車両が旋回可能な道路の曲率半径は大きく、略直線の道路を走行しているとみなせる。一方、低速走行時は車

両の直前方が略直線に近い道路であっても遠方は道路の曲率半径が小さい場合があり前方60mまでの白線近似による認識領域内に先行車両が含まれないことがある。そこで、低速走行時は補正幅 $\alpha_L$ 、 $\alpha_R$ を共に大きくし、高速走行時は共に小さくすることによって（図19参照）、低速走行時は高速走行時より車両認識領域を大きくして、先行車両11の認識領域を大きくする（図14参照）。

【0044】また、右カーブ路とみなされた道路では、このカーブ路の度合いに応じて先行車両が存在する左右の領域が変動する（図15参照）。このため、車速Vに応じて補正值 $\alpha_L'$ 、 $\alpha_R'$ を決定し（図19の補正量に対応）、カーブ路の度合い（変位量A）に応じて左右のゲイン $G_L$ 、 $G_R$ を決定する（図20、図21参照）。この補正值とゲインとにより最終的な補正幅を設定することにより、左右の補正幅 $\alpha_L$ 、 $\alpha_R$ は独立した値に設定される。従って、右カーブ路で曲率半径が小さく（変位量Aが大）、先行車両11が右側に存在する確度が高いときは、右側の補正幅 $\alpha_R$ が大きくなりかつ左側の補正幅 $\alpha_L$ を小さくなる。また、右カーブ路で曲率半径が大きい（変位量Aが小）ときは、右側の補正幅 $\alpha_R$ が小さくなりかつ左側の補正幅 $\alpha_L$ が大きくなる。

【0045】なお、左カーブ路とみなされた道路には、右カーブ路とみなされた道路と逆の特性になる。すなわち、左カーブ路で曲率半径が小さく（変位量Aが大）、先行車両11が左側に存在する確度が高いときは、右側の補正幅 $\alpha_R$ が小さくなりかつ左側の補正幅 $\alpha_L$ が大きくなる。

【0046】次のステップ212では、下限線130、近似直線142、144及び設定された左右の補正幅 $\alpha_L$ 、 $\alpha_R$ を用いて先行車両11を認識処理する車両認識領域 $W_r$ を決定する（図13参照）。

【0047】上記のように車両認識領域 $W_r$ が決定されると、ステップ214へ進み、上記ステップ720の先行車両検出処理と同様に決定された車両認識領域 $W_r$ 内において水平エッジ点積分を行うことにより、存在する先行車両を認識処理し、車間距離 $\Delta V$ を演算する（ステップ216）。

【0048】このように、車速及び道路の曲線の度合いに応じて、先行車両11の認識領域を変動させているため、得られる車両認識領域は、実際に先行車両が存在する確度が高い範囲を確実に含むことができ、高い確度で先行車両を認識することができる。

【0049】なお、本実施例では、上記白線の検出できなかった場合には、前回検出された白線の位置に基づく車両認識領域を用いる。

【0050】次に、ステップ300の詳細を説明する。ステップ300は、先行車両11へグレンを与えないカットラインの位置へアクチュエータを移動させるためのゲイン（遮光カムの回転量）を設定するサブルーチンで

ある(図9参照)。

【0051】先ず、ステップ302で、車間距離 $\Delta V$ を読み取ってステップ304へ進む。ステップ304では、車間距離 $\Delta V$ 及びカーブの度合いに応じてアクチュエータ40、42のゲイン $DEG_1$ 、 $DEG_2$ を決定する。

【0052】直線路とみなされた道路に対する左右のアクチュエータ40、42のゲイン $DEG_1$ 、 $DEG_2$ を決定は、車間距離 $\Delta V$ が大きくなるに従ってゲインを大きくする(図22参照)。本実施例では、直線路の場合10の車間距離とゲインとの関係がテーブルであるマップ1としてROM52に記憶されている。

【0053】また、道路が右カーブ路とみなされた場合、右カーブ路の度合い(変位量A)に応じてゲイン $DEG_1$ 、 $DEG_2$ を決定する。道路の右カーブの曲率半径が大きいき、略直線と見なしてマップ1(図22)を参照し車間距離 $\Delta V$ に応じたアクチュエータ40、42のゲイン $DEG_1$ 、 $DEG_2$ を決定する。右カーブの曲率半径が小さい場合には、右側に先行車両が存在する確度が高く、右側の配光(カットライン70)の制御でよく、アクチュエータ42のゲイン $DEG_2$ を所定値にすると共に、右側のカットライン制御に対応するアクチュエータ40のゲイン $DEG_1$ を車間距離 $\Delta V$ に応じた値となるように設定する。すなわち、ゲイン $DEG_1$ は車間距離 $\Delta V$ に拘わらず所定値であり、ゲイン $DEG_2$ は車間距離 $\Delta V$ が大きくなるに従って大きくする(図23参照)。本実施例では、右カーブ路のときの車間距離とゲインとの関係をテーブルであるマップ2としてROM52に記憶している。なお、車間距離が所定値(例えば70m)未満の場合は、先行車両11とは近距離であり、車間距離によるグレアの影響が大きいため、直線路のときと同様にゲイン $DEG_1$ 、 $DEG_2$ を決定する。

【0054】なお、道路が左カーブ路とみなされた場合には、右カーブ路とみなされた道路と逆の特性で設定される。すなわち、左側に先行車両11が存在する確度が高いとき、ゲイン $DEG_2$ を車間距離 $\Delta V$ に拘わらず所定値にして、ゲイン $DEG_1$ を車間距離 $\Delta V$ が大きくなるに従って大きくする。本実施例では、この関係をテーブルであるマップ3としてROM52に記憶している。

【0055】また、上記直線路、右カーブ路または左カーブ路の度合いは、判定基準値を予め記憶することにより、大小判定できる。

【0056】このように、本実施例では、TVカメラで撮影した画像から車両前方の道路内に存在する先行車両を認識するための車両認識領域を設定すると共に、車速及び道路の形状に応じてこの車両認識領域を変更して先行車両を認識しかつ、ヘッドランプの配光を変更しているため、先行車両11のドライバーにグレアを与えることなく、自車両10のヘッドランプによる最適な光の照射が行える。

【0057】次に、ステップ400の詳細を説明する(図11参照)。図11に示した対向車両認識サブルーチンが実行されると、ステップ402へ進み、対向車両認識領域を設定する。詳細には、先行車両認識領域の設定と同様に、車速V及びカーブ路の度合い(変位量A)に応じて対向車両11Aを認識処理する対向車両認識領域 $W_{10}$ を決定する(図17参照)。すなわち、近似直線144の右側領域を対向車両認識領域 $W_{10}$ とし、近似直線144により設定される対向車両認識領域 $W_{10}$ の左側限界位置を補正する。

【0058】略直線路とみなされた場合には、近似直線の位置を補正する補正幅 $\alpha_{10}$ を、上記先行車両認識と同様に低速走行時は補正幅を大きくし、高速走行時は小さくする(図24参照)。この場合、低速走行時の対向車両認識領域 $W_{10}$ は、高速走行時のそれよりも広くなる。

【0059】また、右カーブ路とみなされた場合には、車速Vに応じた補正值 $\alpha_{10}'$ (図24)、カーブ路の度合い(変位量A)に応じたゲイン $GR$ を設定し(図25参照)、この補正值 $\alpha_{10}'$ 及びゲイン $GR$ に基づいて(乗算)最終的に近似直線の位置を補正する右側の補正幅 $\alpha_{10}$ を決定する。この決定された補正幅 $\alpha_{10}$ を用いて対向車両11Aを認識処理する対向車両認識領域 $W_{10}$ を決定する。一方、左カーブ路とみなされた場合には、車速Vに応じた補正值 $\alpha_{10}'$ 、左カーブ路の度合い(変位量A)に応じたゲイン $GR$ を設定し(図26参照)、補正值 $\alpha_{10}'$ 及びゲイン $GR$ に基づいて最終的な補正幅 $\alpha_{10}$ を決定して対向車両認識領域 $W_{10}$ を決定する。

【0060】なお、右カーブ路に対するゲインの特性は、左カーブ路に対する特性より勾配が緩慢にされている。これは、対向車両の存在確度が右側に多いためである。

【0061】上記のように対向車両認識領域 $W_{10}$ が決定されると、ステップ404へ進み、入力画像であるイメージ120(図18(1)参照)を2値化する。すなわち、対向車両のヘッドランプからの光は直接光であり、光量の特が比較的容易なため、イメージ120の所定のしきい値(例えば、明るさのピーク値の90%の値)以上の領域を明領域(例えば、データ1)、しきい値未満の領域を暗領域(例えば、データ0)として2値化する(図18(2)参照)。次に、膨張収縮処理を所定回(本実施例では、3回)繰り返し、凸凹を除去する(ステップ406)。すなわち、明領域について境界画素の全てを削除し、ひと皮分取り除く収縮処理と、これと逆に境界画素を背景方向に増殖させてひと皮分太らせる膨張処理とを行って、弱い結合の領域同士を分離すると共に、明領域と暗領域との境界部分の微小な凸凹を除去する。

【0062】次のステップ408では、この微小な凸凹が除去された各々の明領域に対してラベリングする(図

18(3)の符番1~3参照)。次に、ステップ410においてラベリングされた各々の明領域に対して画素単位の重心位置及び面積を演算する。この重心位置は明領域に含まれる各画素のX座標値及びY座標値から演算できかつ、面積は明領域に含まれる画素数を計数することにより演算できる。この場合、図18(3)に示したように、符番1の明領域は重心値( $X_1$ ,  $Y_1$ )であり、面積 $S_1$ である。同様に、符番2の明領域は重心値( $X_2$ ,  $Y_2$ )、面積 $S_2$ であり、符番3の明領域は重心値( $X_3$ ,  $Y_3$ )、面積 $S_3$ である。

【0063】ここで、通常、対向車両11Aは左右1対のヘッドランプを備えており、対向車両11Aが自車両10へ向けて照射した光は、略水平方向に1対でかつ車幅に応じた所定間隔の明領域として形成される。従って、イメージ120から、略水平方向に1対でかつ車幅に応じた所定間隔の明領域を検出すれば、その1対の明領域は対向車両のヘッドランプである確度が高い。そこで、次のステップ412では、重心の座標が略等しく、X座標の距離が標準的な車両のヘッドランプ間隔に対応する所定値以下の明領域ペアを全て検出し、対向車両11Aのヘッドランプの候補領域とする。この場合、明領域ペアAが該当する(図18(3)参照)。

【0064】また、ヘッドランプは通常低い位置に配設されており、道路や走行路等の路面に反射したヘッドランプからの光も、車両前方へ照射される。従って、対向車両11Aが存在するときには、イメージ120に、ヘッドランプからの直接光(明領域ペア)の下方でかつ所定位置(路面)に明領域が形成されることになる。このため、明領域ペアの下側に明領域が存在すれば、高い確度で対向車両11Aの存在が認識できる。また、この明領域の形成状態は路面の状態に応じて異なる。例えば、舗装された道路等では、1対のヘッドランプからの光は路面において散乱し、1つの明領域を形成する(図18)。また、雨天等で路面の反射率が高い場合には、1対のヘッドランプからの各々の光が路面で反射され、路面には2つの明領域が形成される(図30(1)参照)。従って、次のステップ414では、検出された対向車両11Aの候補領域(明領域ペア)の内、明領域ペアの下側に所定値以上の面積を有する1~2個の明領域が対応する明領域ペアがある場合に対向車両11Aのヘッドランプと認識し対向車両11Aが存在すると認識する。すなわち、図18の場合、明領域ペアA(符番1、2の明領域)に対応する明領域(符番3)の存在により明領域ペアAを対向車両11Aのヘッドランプとして認識することにより対向車両11Aが存在を認識する。また、雨天等の場合、図30(2)に示したように、明領域ペアB(符番4、5の明領域)に対応する明領域(符番6、7)の存在により明領域ペアBを対向車両11Aのヘッドランプとして認識することにより対向車両11Aが存在を認識する。

【0065】この対向車両11Aが認識されると、次のステップ416において対向車両11Aと認識された、明領域ペアAのY座標に基づいて(座標値 $Y_1$ 、 $Y_2$ の平均値)自車両から対向車両までの車間距離 $\Delta V$ を演算する。すなわち、車間距離が多くなるにしたがってイメージ120上の上方へ座標値が移行し、この比率はTVカメラ22の撮影倍率に比例する。なお、車間距離 $\Delta V$ は、明領域ペアAの間隔(座標値 $X_1$ 、 $X_2$ の差)と、標準的な車両の車幅(ヘッドランプの間隔)に対するX座標上の距離と、の比から演算することもできる。

【0066】このように、カーブ路の度合い及び車速に応じて決定された対向車両認識領域 $W_{\text{rec}}$ 内において、対向車両11Aが認識処理される。この認識処理時には、TVカメラ22により撮影した画像(イメージ)内に、外灯や車両以外からの反射光による複数の光点が形成されている場合であっても、1対のヘッドランプのそれぞれの明領域を検出し、更に、この明領域ペアから下方に存在する路面の反射部位における明領域が存在するときに対向車両のヘッドランプと認識して、対向車両を認識している。このように、本実施例では、対向車両である確度が高い明るい領域のみを抽出することができ、より確実に対向車両を認識することができる。

【0067】次に、ステップ500の詳細を説明する。ステップ500では、対向車両11Aに対してグレンを与えないカットラインの位置へアクチュエータを移動させるためのゲイン(遮光カムの回転量)を設定するサブルーチンである(図10参照)。

【0068】まず、ステップ502では、車間距離 $\Delta V$ を読み取り、ステップ504へ進む。ステップ504では、車間距離 $\Delta V$ 及びカーブの度合いに応じてアクチュエータ40、42のゲイン $DEG_1$ 、 $DEG_2$ を決定する。

【0069】直線路または右カーブ路の道路とみなされた場合、対向車両11Aは略画面の右側に存在する確度が高いため、左側のカットラインに対するアクチュエータ42を変動させることによるグレイが生じることはない。従って、ゲイン $DG_1$ 、 $DG_2$ を決定は、図27に示したように、右側のカットラインに対するアクチュエータ40に対するゲイン $DG_1$ のみが車間距離 $\Delta V$ が大きくなるに従ってゲインが大きくなるようにする。本実施例では、図27に示した車間距離とゲインとの関係がテーブルであるマップ4としてROM52に記憶されている。

【0070】また、左カーブ路の場合には、小さな曲率の左カーブ路のとき、左側のカットライン72を変動させてもグレンへの寄与は少ないため、車間距離 $\Delta V$ に拘わらずゲイン $DG_1$ 、 $DG_2$ は所定値に決定する(図28参照)。本実施例では、図28に示した車間距離とゲインとの関係がテーブルであるマップ5としてROM52に記憶されている。

【0071】また、左カーブ路のカーブ度合いが小さい場合には、ゲイン $DG_1$ 、 $DG_2$ を車間距離 $\Delta V$ に応じた値に決定する(図29参照)。本実施例では、図29に示した車間距離とゲインとの関係がテーブルであるマップ6としてROM52に記憶されている。

【0072】次に、ステップ600の詳細を説明する。上記のように先行車両11及び対向車両11Aに対するアクチュエータ40、42のゲインの決定が終了すると、ステップ516において、アクチュエータ40に対するゲイン $DEG_1$ 、 $DEG_2$ の何れか一方、及びアクチュエータ42に対するゲイン $DEG_3$ 、 $DEG_4$ の何れか一方の小さなゲインを選択する。この選択されたアクチュエータ40、42のゲインに応じてアクチュエータを制御することにより、アクチュエータ40、42の遮光カムを移動しヘッドランプ18の配光を変更する。

【0073】このように、本実施例では、先行車両を認識するための車両認識領域に、対向車両を認識するための対向車両認識領域を更に加えて車両前方の道路内に存在する車両を認識するようにしているため、対向車両に対してもグレアを与えることなく、自車両10のヘッドランプによる最適な光の照射が行える。

【0074】なお、上記実施例では、遮光カムによって車両前方の配光を制御するようにしたが、遮光板やシャッターによってヘッドランプの光を遮光するようにしてもよい。また、ヘッドランプの光を遮光することにより配光を制御しているが、ヘッドランプの射出光軸を偏向するようにしてもよい。

【0075】また、上記実施例では、対向車両が自車両の前方右側に存在する左側通行による道路法規で走行する車両の場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではなく、右側通行による車両にも容易に適用できる。

【0076】また、上記実施例において初期データである道路の白線のデータに、平地でかつ所定幅のラインが車両の両側に設けられた直線路を走行したときのデータを記憶することにより、画像検出時に白線検出が行えない場合であっても、標準的な認識領域を設定することができる。また、このデータを複数パターン記憶し、選択することによって、ドライバーの設定による認識領域を定めることができる。

【0077】また、上記実施例では、対向車両が有するヘッドランプによって、対向車両を認識するようにしたが、本発明はこれに限定されずにフォグランプ等の補助灯を検出して対向車両を認識するようにしてもよい。

【0078】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、対向車両のヘッドランプやフォグランプ等のライト及びこのライトによる路面からの反射光から対向車両のライトを認識することによって対向車両を認識しているため、複数の光点が画像中に存在する場合であっても対向車両

のライトである照度が高い領域を抽出することができ、対向車両を照度よく認識することができる、という効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本実施例に利用した車両前部を示す車両斜め前方から見た斜視図である。

【図2】本発明が適用可能なヘッドランプの概略構成斜視図である。

【図3】ヘッドランプの概略構成断面図(図2の1-1線)である。

【図4】制御装置の概略構成を示すブロック図である。

【図5】日中に撮影したTVカメラが出力する画像信号に基づいて先行車両を認識する過程を説明するためのイメージ図である。

【図6】日中に撮影したTVカメラの画像信号に基づく先行車両の認識処理ルーチンを示すフローチャートである。

【図7】本実施例の制御メインルーチンを示すフローチャートである。

【図8】本実施例の先行車両認識処理ルーチンを示すフローチャートである。

【図9】先行車両のゲイン設定サブルーチンを示すフローチャートである。

【図10】対向車両のゲイン設定サブルーチンを示すフローチャートである。

【図11】本実施例の対向車両認識処理ルーチンを示すフローチャートである。

【図12】白線認識時のウインド領域を示す線図である。

【図13】車両認識領域を示す線図である。

【図14】車速に応じて車両認識領域を変動させることを説明するためのイメージ図である。

【図15】異なる曲率のカーブ路に対するウインド領域及び補正幅を示すイメージ図である。

【図16】アクチュエータにより変位するカットラインを説明するためのイメージ図である。

【図17】本実施例の対向車両認識領域を示すイメージ図である。

【図18】本実施例に係る対向車両認識の過程を示すイメージ図である。

【図19】本実施例の車速とウインド領域の補正幅(補正值)との関係を示す線図である。

【図20】右カーブ路の度合とウインド右側の補正幅を決定するゲインとの関係を示す線図である。

【図21】右カーブ路の度合とウインド左側の補正幅を決定するゲインとの関係を示す線図である。

【図22】車間距離とアクチュエータの制御ゲインとの関係を示す線図である。

【図23】車間距離とアクチュエータの制御ゲインとの関係を示す線図である。



【図24】本実施例の車速とウインド領域の補正幅（補正值）との関係を示す線図である。

【図25】左カーブ路の度合とウインド右側の補正幅を決定するゲインとの関係を示す線図である。

【図26】右カーブ路の度合とウインド右側の補正幅を決定するゲインとの関係を示す線図である。

【図27】車間距離とアクチュエータの制御ゲインとの関係を示す線図である。

【図28】車間距離とアクチュエータの制御ゲインとの関係を示す線図である。

【図29】車間距離とアクチュエータの制御ゲインとの\*

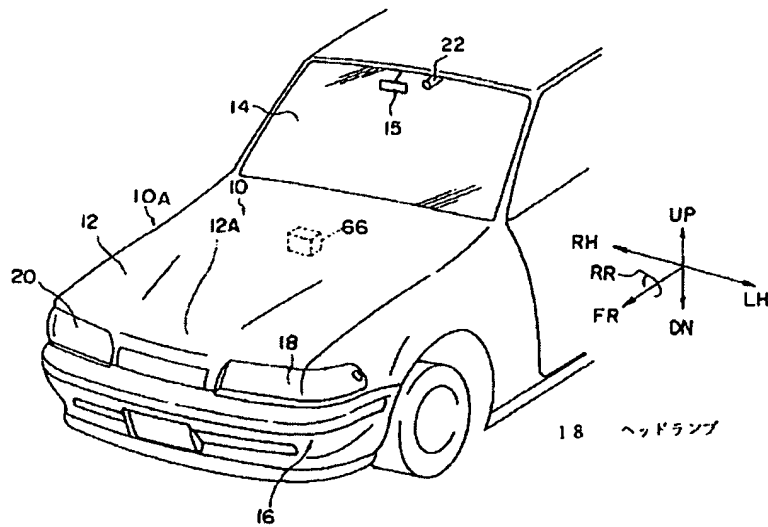
\* 関係を示す線図である。

【図30】雨天等の際の対向車両の撮像画像及びヘッドランプによる明領域を示すイメージ図である。

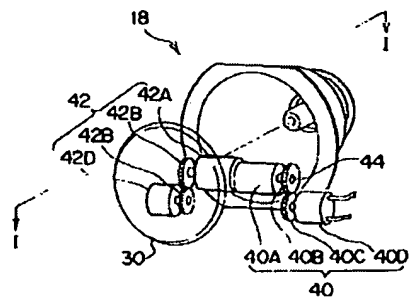
【符号の説明】

18、20 ヘッドランプ  
40、42 アクチュエータ  
22 TVカメラ  
48 画像処理装置  
50 制御装置  
10 66 車速センサ  
100 走行車両認識装置

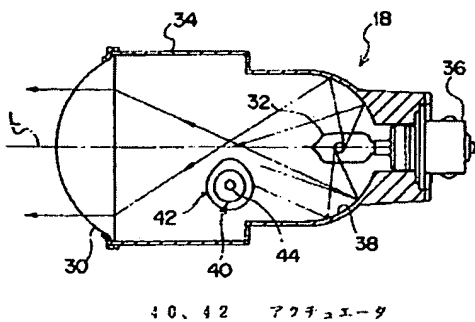
【図1】



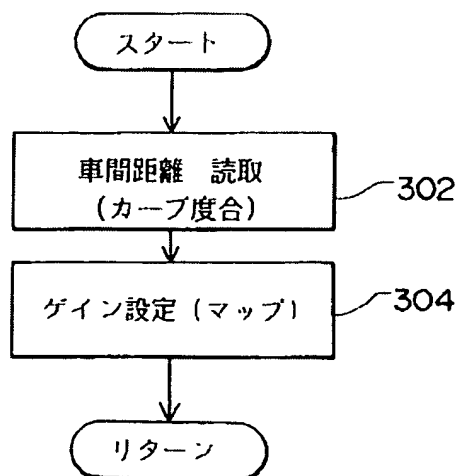
【図2】



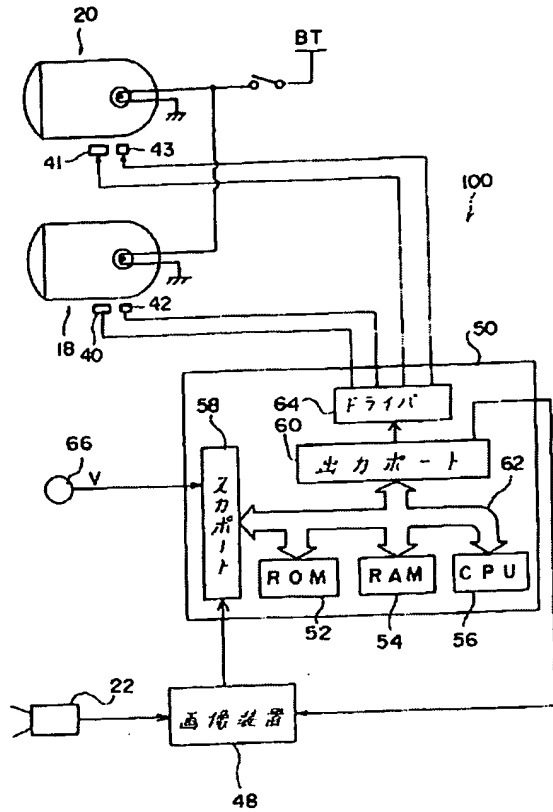
【図3】



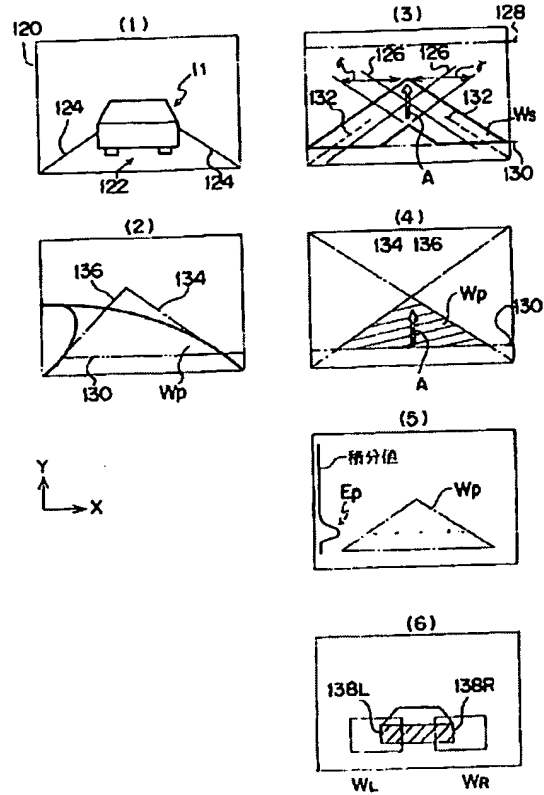
【図9】



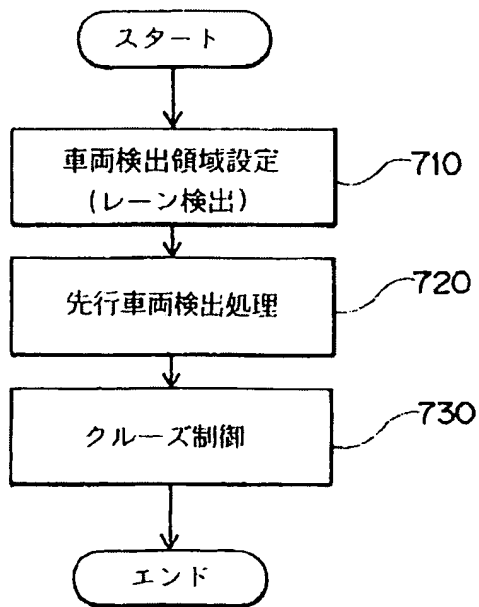
【図4】



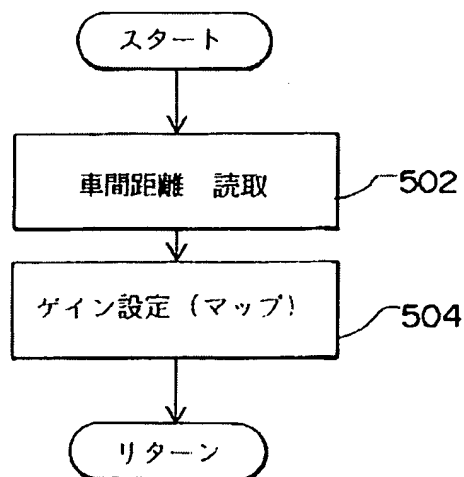
【図5】



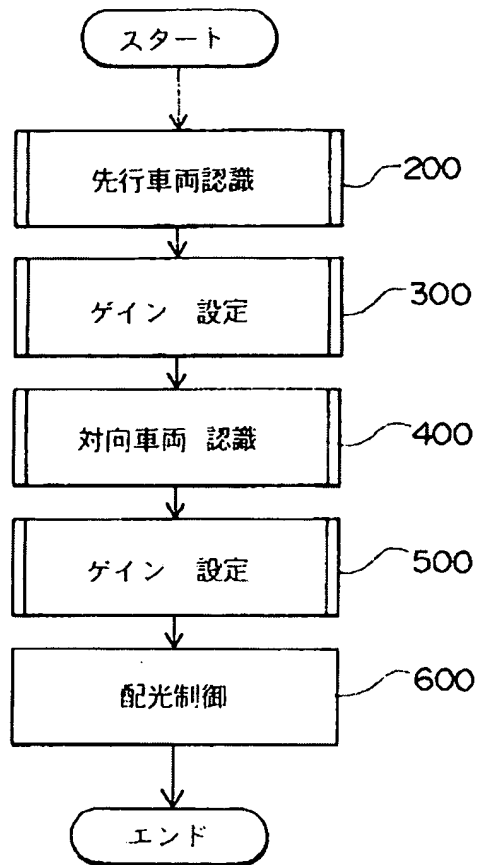
【図6】



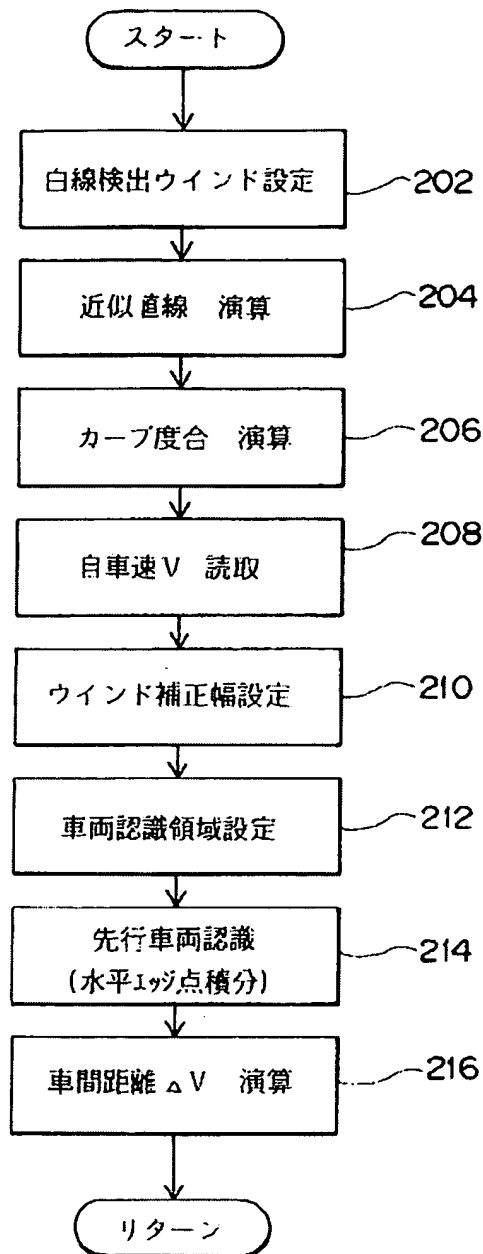
【図10】



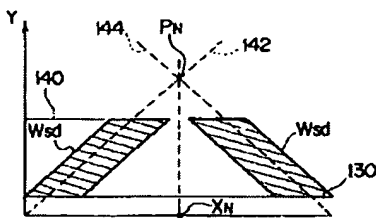
【図7】



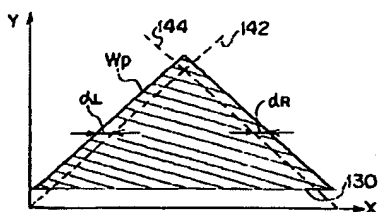
【図8】



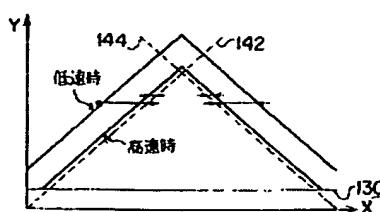
【図12】



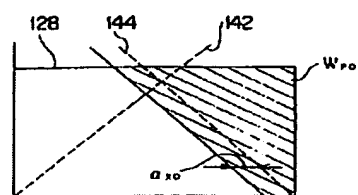
【図13】



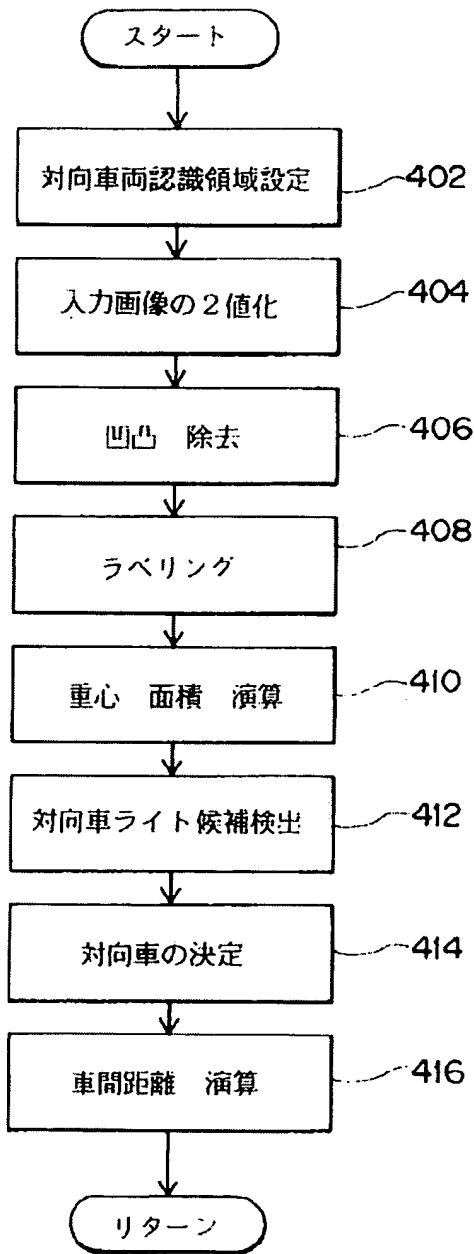
【図14】



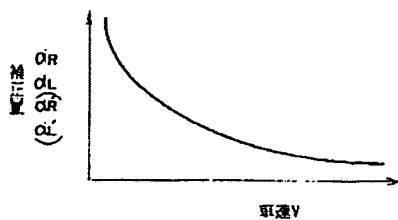
【図17】



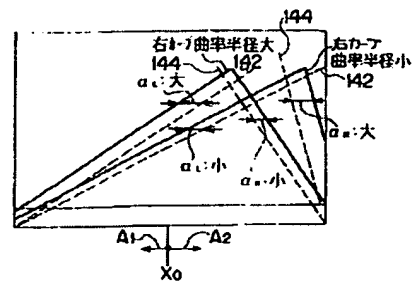
【図11】



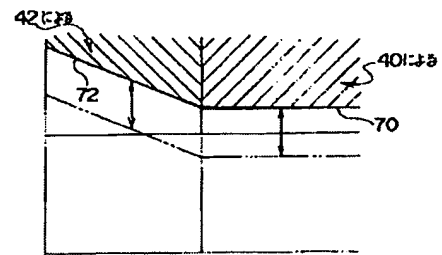
【図19】



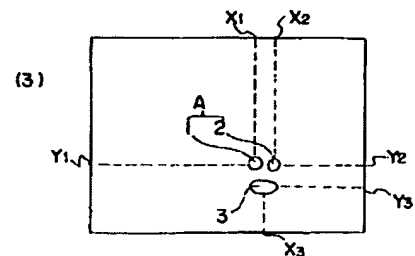
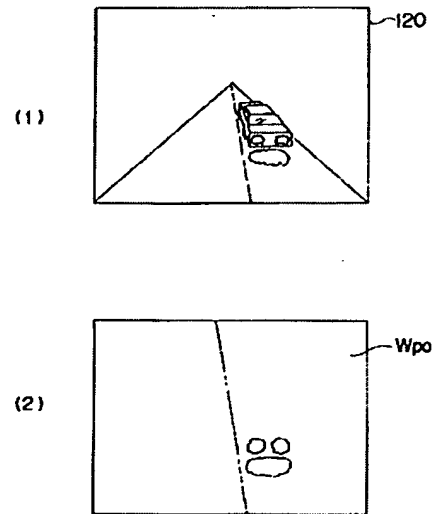
【図15】



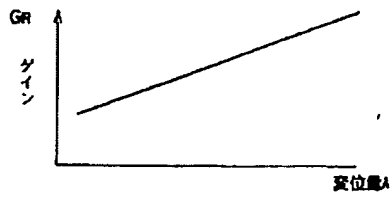
【図16】



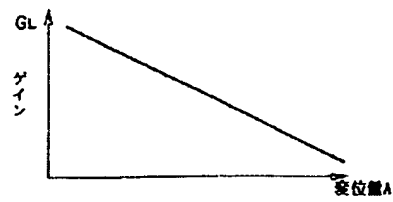
【図18】



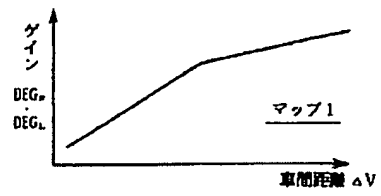
【図20】



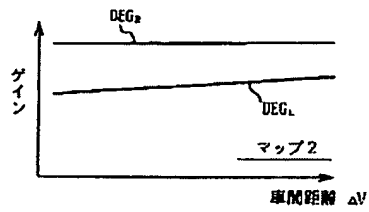
【図21】



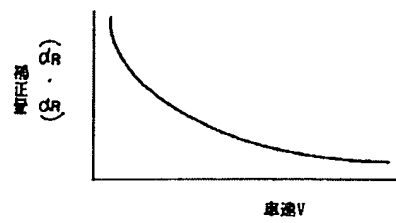
【図22】



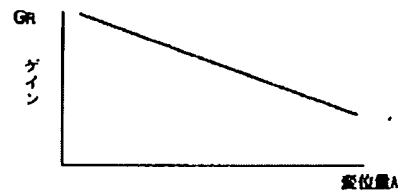
【図23】



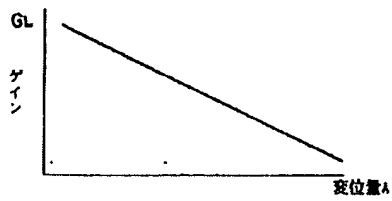
【図24】



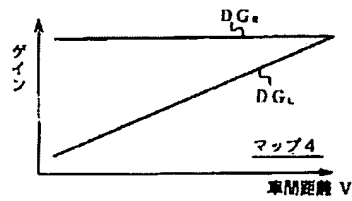
【図25】



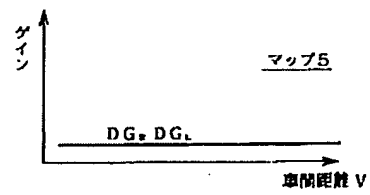
【図26】



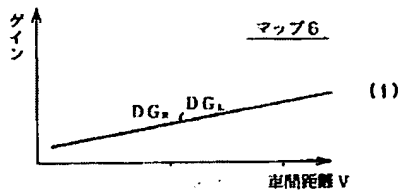
【図27】



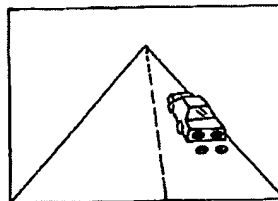
【図28】



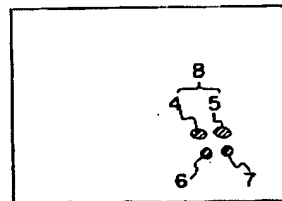
【図29】



【図30】



(1)



(2)



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **06276524 A**(43) Date of publication of application: **30.09.94**

(51) Int. Cl.

**H04N 7/18**  
**G08G 1/16**  
**// B60R 21/00**

(21) Application number: **05060282**(22) Date of filing: **19.03.93**(71) Applicant: **TOYOTA MOTOR CORP**

(72) Inventor: **SATONAKA HISASHI**  
**MIZUKOSHI MASASHI**

**(54) DEVICE FOR RECOGNIZING VEHICLE RUNNING  
 IN OPPOSITE DIRECTION**

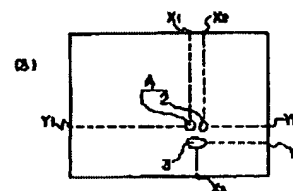
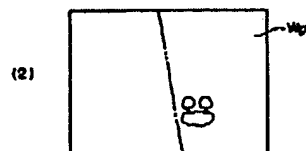
**(57) Abstract:**

**PURPOSE:** To improve the accuracy of recognizing a vehicle running in the opposite direction even when plural spots are in existence by recognizing it to be head lights of the vehicle running in the opposite direction when a couple of bright areas corresponding to a vehicle width in the horizontal direction are in existence and a bright area is in existence under the bright areas.

**CONSTITUTION:** A vehicle running in the opposite direction has a couple of left and right head lights and the light emitted to a concerned vehicle is formed as a couple of bright areas at a predetermined interval corresponding to the vehicle width in the horizontal direction. Thus, when a couple of bright areas A whose centroid coordinates  $Y_{1,2}$  are equal to each other whose X coordinate interval  $X_1, X_2$  corresponds to a standard head lamp interval are detected in an image 120, it is an object area of the head lights of the vehicle running in the opposite direction. Moreover, the head lights are placed usually at a low position and the light reflected in the driving road is emitted in front of the vehicle. Thus, when the bright areas A are in existence in the image 120 and a bright area 3 is in existence under the areas A, the areas A are recognized to be head lights of

the vehicle running in the opposite direction and the presence of the vehicle running in the opposite direction is recognized. Thus, even when plural light spots are in existence, the vehicle running in the opposite direction is recognized with high accuracy.

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&amp;Japio



(19) Japan Patent Office (JP)  
(12) Publication of Patent Application  
(11) Publication Number of Patent Application: 6-276524  
(43) Date of Publication of Application: September 30, 1994

---

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	Identification Number	Intraoffice Reference Number	F1	Field of Technology Indication
H04N 7/18		J K 2105-3H		
G08G 1/16 B60R 21/00		C8012-3D		

---

Request for Examination: not made  
Number of claims: 1 OL (13 pages in total)

(21) Application Number: 5-60282  
(22) Application Date: March 19, 1993

(71) Applicant: 000003207  
Toyota Motor Corp.  
1, Toyota-machi, Toyota-shi, Aichi-ken  
(72) Inventor: Satonaka Hisashi  
1, Toyota-machi, Toyota-shi, Aichi-ken  
c/o Toyota Motor Corp.  
(72) Inventor: Mizukoshi Masashi  
1, Toyota-machi, Toyota-shi, Aichi-ken  
c/o Toyota Motor Corp.  
(74) Agent: Patent Attorney, Atsushi Nakashima (and two more agents)

(54) [Title of the Invention] ONCOMING VEHICLE RECOGNITION DEVICE

(57) [Abstract]

[Object] To recognize easily an oncoming vehicle from an image where a plurality of lights such as streetlamps or headlamps of oncoming vehicles are present.

[Structure] An oncoming vehicle recognition region is set from the image picked up with a TV camera (402), the image in this region is binarized, noise is removed and then the bright regions are labeled and the center of gravity and surface area of each bright region are calculated (404-410). Then, a pair of bright regions that are assumed to be headlamps

are taken as light candidates (412). When a bright region is present below the light candidate, the oncoming vehicle is recognized by recognizing the light candidate as the headlamp of the oncoming vehicle (414). The vehicle width is calculated from the spacing of the light candidates of the recognized oncoming vehicle (416). Therefore, even when light spot regions other than the headlamps of the oncoming vehicle, such as streetlamps are present, the oncoming vehicle can be easily recognized from the bright regions created by the light of the headlamps reflected by the road surface and the headlamps of the oncoming vehicle.

[Patent Claims]

[Claim 1] An oncoming vehicle recognition device comprising:

image pick-up means for picking up images ahead of a vehicle;

candidate region extraction means for extracting from the picked up images a pair of bright regions with the prescribed spacing in the horizontal direction as candidate regions of lights of the oncoming vehicle; and

oncoming vehicle recognition means for recognizing said candidate regions as lights of the oncoming vehicle when a bright region is present below said candidate regions.

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] The present invention relates to an oncoming vehicle recognition device, and more particularly to an oncoming vehicle recognition device for detecting an oncoming vehicle traveling ahead of the own vehicle.

[0002]

[Prior Art and Problems Addressed by the Present Invention] Headlamps disposed almost at front ends of a vehicle and designed to illuminate the preset region have been provided on vehicles to improve forward visibility of drivers, e.g., at night.

[0003] There are headlamps, in which a boundary section (referred to hereinbelow as a cut line) between an illumination region and a non-illumination region obtained when the road is illuminated with light is controlled by installing a shade plate for shading the illumination light in the headlamp and controlling the movement of the shade plate to change the illumination range and illumination direction ahead of the vehicle correspondingly to the driving state of the vehicle, such as a vehicle speed and traveling direction determined by a steering angle.

[0004] However, if the cut line of the headlamp is controlled, when a vehicle traveling in the same direction (referred to hereinbelow as a vehicle ahead) is present ahead of the



own vehicle in the illumination range bounded by the cut line that was thus controlled, the driver of the vehicle ahead is dazzled by the glare.

[0005] Likewise, the recognition of the oncoming vehicle has to be conducted similarly to the recognition of the vehicle ahead in order to avoid causing glare to the vehicle (referred to hereinbelow as "oncoming vehicle") traveling in the opposite direction ahead of the own vehicle.

[0006] Therefore, when the cut line of the headlamp is controlled, it is necessary to recognize the position or direction of the vehicle ahead and the oncoming vehicle in order to control the cut line, without causing glare to the vehicle ahead.

[0007] Devices for recognizing a vehicle ahead are known (see Japanese Patent Applications Laid-open No. 62-121599, 62-131837, 63-78300) in which a tail lamp (read color) of the vehicle that travels ahead of the own vehicle is detected with an imaging unit (color camera) comprising a color CCD or the like and the detected image is subjected to image processing to specify the position and direction of the vehicle ahead.

[0008] However, the elements capable of detecting color cannot be readily used for detecting a tail lamp because of a very high cost of the detection element itself. Furthermore, because images containing color components are difficult to analyze and image processing is complex, a large load is placed on the recognition device, and the entire system is difficult to use. Furthermore, because a light of an almost white color directly falls from the oncoming vehicle, there appears a difference in color and quantity of light. For this reason, the vehicle ahead cannot be easily distinguished from the oncoming vehicle.

[0009] In the recognition of the oncoming vehicle that resolves the above-described problem, a light quantity detector such as a photosensor is mounted on the own vehicle and the quantity of light of the headlamp of the oncoming vehicle is detected, thereby enabling detection and recognition of the oncoming vehicle.

[0010] However, the reflected light from the own vehicle or light from the streetlamps etc. is sometimes detected and when the oncoming vehicle is recognized by detecting only the quantity of light, other light can be erroneously recognized as the light of the headlamps of the oncoming vehicle.

[0011] With the foregoing in view, it is an object of the present invention to provide an oncoming vehicle recognition device capable of easily recognizing the oncoming vehicle from the image where a plurality of light beams of headlamps of the oncoming vehicle or streetlamps are present.

[0012]

[Means to Resolve the problems] In order to attain the above-described object, the oncoming vehicle recognition device in accordance with the present invention comprises image pick-up means for picking up images ahead of a vehicle, candidate region extraction means for extracting from the picked up images a pair of bright regions with the prescribed spacing in the horizontal direction as candidate regions of lights of the oncoming vehicle, and oncoming vehicle recognition means for recognizing the candidate regions as lights of the oncoming vehicle when a bright region is present below the candidate regions.

[0013]

[Operation] In the oncoming vehicle recognition device in accordance with the present invention, the images ahead of the vehicle are picked up with pick-up means such as a TV camera. The usual vehicle is well-known to comprise a pair of left and right headlamps in the front section of the vehicle. Furthermore, vehicles in which an auxiliary lamp such as a fog lamp is installed close to the headlamp have appeared in recent years. Therefore, if the oncoming vehicle is picked up with pick-up means during nighttime, a pair of light spots (regions) with the prescribed spacing corresponding to the vehicle width in the horizontal direction are formed in the image region in which one oncoming vehicle is assumed to be present. Therefore, if a pair of bright images with the prescribed spacing corresponding to the vehicle width in the horizontal direction are extracted, the pair of bright regions are highly probable to be the lights of headlamps or fog lamps of the oncoming vehicle. Accordingly, in the candidate region extraction means, a pair of bright regions with the prescribed spacing corresponding to the vehicle width in the horizontal direction are extracted as the candidate regions for lights of the oncoming vehicle from the picked-up image.

[0014] Wall surfaces of structures such as buildings with high reflective capacity or streetlamps are present in the environment where the vehicle travels, light from those lamps and surfaces are formed as light spot regions in the picked-up images. Therefore, if a pair of bright regions with the prescribed spacing is simply recognized as lights of the oncoming vehicle, then the light spot regions formed by the light of streetlamps or reflected light of buildings or the like is sometimes erroneously recognized as the lights of the oncoming vehicle.

[0015] The lights of the vehicle headlamps or fog lamps provide for illumination ahead of the vehicle. Furthermore, the lights installation position is well-known to be close to the road. Therefore, if the image of the oncoming vehicle is picked up during light illumination conducted with the lights, the reflected light from the road surface will be picked up. Thus, bright regions are formed in the prescribed positions (road surface) below the direct light beam from the lights such as headlamps and fog lamps. In accordance with the present invention, the oncoming vehicle recognition means recognizes the candidate regions as lights of the oncoming vehicle when a bright region is present below the candidate regions.

[0016] As a result, even if a plurality of light spot regions produced by streetlamps or reflection from the buildings are formed in the picked-up image, when a bright region formed by the reflected light from the road surface produced by the lights of the oncoming vehicle is present, the candidate region of the oncoming vehicle is recognized as the lights of the oncoming vehicle and, therefore, the oncoming vehicle can be recognized with higher reliability.

[0017] An embodiment employing the traveling vehicle recognition device in accordance with the present invention will be described below in greater detail with reference to the appended drawings. The traveling vehicle recognition device 100 of the present embodiment employs the present invention in the case of recognizing the other vehicle traveling in front of a vehicle 10 from a gradation image obtained with a black-and-white TV camera.

[0018] As shown in FIG. 1, an engine hood 12 is disposed in the upper surface section of a front body of the vehicle 10, and a front bumper 16 is fixed at both end sections in the lateral direction of the vehicle in the front end part of a front body 10A. A pair of left and right (both ends in the lateral direction of the vehicle) headlamps 18, 20 are disposed in the lower part of the front body 10A above the front bumper 16.

[0019] A windshield glass 14 is provided in the vicinity of the rear end section of the engine hood, and a room mirror 15 is provided above the windshield glass 14 and inside the vehicle 10. A TV camera 22 for picking up images in front of the vehicle and connected to an image processing unit 48 (FIG. 4) is disposed in the vicinity of the room mirror 15. The installation position of the TV camera 22 is selected close to the viewing position of the driver (the so-called eye point) so as to facilitate accurate recognition of the road shape in front of the vehicle and to provide for better matching with the visual sensation of the driver.

[0020] A speedometer (not shown in the figures) is installed inside the vehicle 10. A vehicle speed sensor 66 for detecting the speed V of the vehicle 10 is mounted on the cable (not shown in the figure) of the speedometer (not shown in the figure).

[0021] As shown in FIG. 2 and FIG. 3, the headlamp 18 is a projection-type headlamp and comprises a convex lens 30, a bulb 32, and a lamp housing 34. The lamp housing 34 is fixed horizontally to a frame (not shown in the figure) of the vehicle 10. The convex lens 30 is fixed in one opening of the lamp housing, and the bulb 32 is fixed via a socket 36 in the other opening so that the light emission point is positioned on an optical axis L (central axis of the convex lens 30) of the convex lens 30.

[0022] The bulb side inside the bulb housing 34 serves as a reflector 38 with an elliptical reflecting surface. The emitted light of the bulb 32 that is reflected by the reflector 38 is converged between the convex lens 30 and the bulb 32. Actuators 40, 42 are installed in the vicinity of the convergence point. The light of the bulb 32 that was reflected and converged by the reflector 38 is shaded by shading cams 40A, 42A of the actuators 40, 42 and the other light is emitted from the convex lens 30.

[0023] The actuator 40 is composed of the shade cam 40A, gears 40B, 40C, and a motor 40D, and the actuator 42 is composed of the shade cam 42A, gears 42B, 42C, and a motor 42D. The shade cams 40A, 42A are rotatably supported on a rotation shaft 44 fixed to the lamp housing 34, and the gear 40B is fixed to the shade cam 40A. A gear 40C fixedly attached to the motor 40D is engaged with the gear 40B. The motor 40C is connected to a control unit 50. The shade cam 40A has a cam shape such that the distance from the rotation shaft 44 to the outer periphery thereof changes continuously. The shade cam 40A rotates inside the bulb housing 34 in response to the signals from the control unit 50, thereby changing the position where the light of the bulb 32 is split into the transmitted light and shaded light in the vertical direction. Similarly, the shade cam 42A is rotatably supported on the rotation shaft 44 fixed to the lamp housing 34, and the gear 42B is fixed to the shade cam 42A. A gear 40C fixedly attached to the motor 42D is engaged with the gear 42B. The motor 42C is connected to a control unit 50.

[0024] Therefore, the position above the shade cams 40A, 42A appears to be located on the road and serve as a cut line, which is a boundary between bright and dark zones in the

light distribution in front of the vehicle. Thus, as shown in FIG. 16, the shade cam 40A forms a cut line 70, and the shade cam 42A forms a cut line 72. When the shade cam 40A rotates, the cut line 70 shifts parallel to itself from a position corresponding to the lowermost level in the upper part (position of the cut line 70 shown in FIG. 16; it is identical to the bright zone limit position in the so-called high beam mode or positioned therebelow) to the position corresponding to the uppermost level (position of the virtual line in FIG. 16, that is, the bright zone limit position in the so-called low beam mode). Similarly, the cut line 72 shifts parallel to itself from the uppermost position (position of the cut line 72 in FIG. 16) to the position to the lowermost position (position of the virtual line in FIG. 16).

[0025] The headlamp 20 comprises actuators 41, 43 (FIG. 4). Because the configuration of the headlamp 20 is identical to that of the headlamp 18, detailed explanation thereof is herein omitted.

[0026] As shown in FIG. 4, the control unit 50 comprises a read only memory (ROM) 52, a random access memory (RAM) 54, a central processing unit (CPU) 56, an input port 58, an output port 60, and a bus 62 such as a data bus or control bus connecting the above-described components. The ROM 52 stores the below-described map and control program.

[0027] The vehicle speed sensor 66 and image processing unit 48 are connected to the input port. The actuators 40, 42 of the headlamp 18 and the actuators 41, 42 of the headlamp 20 are connected via the driver 64 to the output port 60. The output port 60 is also connected to the image processing unit 48.

[0028] As described hereinbelow, the image processing unit 48 conducts image processing of images picked up with the TV camera 22 based on the signals inputted from the TV camera 22 and control unit 50.

[0029] The road shape comprises the shape of the pavement, for example, the shape of the road corresponding to one lane formed by a center line or curbstones.

[0030] The processing of recognizing a vehicle 11 ahead and conducting cruise control, such as constant-speed traveling by image processing during daytime, which is a base processing in the present embodiment, will be explained below with reference to the vehicle recognition travel control routine shown in FIG. 6. The position of each pixel on the image formed by the image signals is specified by coordinates ( $X_n$ ,  $Y_n$ ) of a coordination system determined by orthogonal X axis and Y axis set on the image.

[0031] FIG. 5(1) shows an image 120 almost matching the image viewed by the driver when a road 122 where the vehicle 10 travels is picked up with the TV camera 22. The road 122 comprises white lines 124 on both sides of the lane where the vehicle 10 travels. The vehicle 11 ahead is recognized by the image 120.

[0032] If an image signal of the image 120 is inputted into the image processing unit 48, image processing is started, a white line candidate point extraction processing and linear approximation processing are successively conducted, the traveling lane of the vehicle 10 is detected, and then a vehicle recognition region  $W_p$  is set (step 710). The processing of this step 710 will be described below.

[0033] In the white line candidate point extraction processing, the candidate points that are assumed to be a white line of the lane where the vehicle 10 travels are extracted.

First, a region having the prescribed width  $\gamma$  with respect to the position of the white line estimation line 126 that was found in the previous cycle is set as a wind region  $W_s$  (see FIG. 5(3)). In the case of initial cycle, the set value of the white line estimation line 126 that was set in advance is read and the wind region  $W_s$  is set. Furthermore, because the probability of the vehicle 11 ahead being present in the region above and below the image 120 is low, the low limit line 128 and up limit line 130 are provided, and the range therebetween serves as the following processing object region. Differentiation is then conducted with respect to the brightness in the wind region  $W_s$  and the peak point (maximum point) of the differential value is extracted as the edge point serving as a white line candidate point. Thus, the inside of the wind region  $W_s$  is differentiated in the vertical direction (direction of arrow A in FIG. 5(3)) with respect to the brightness from the pixel in the lowermost position to the pixel in the uppermost position for all the pixels in the horizontal direction, and a peak point of the differential value with large brightness fluctuations is extracted as an edge point. The continuation of this edge point is shown by a dot line 132 in FIG. 5(3).

[0034] In the subsequent linear approximation processing, the edge points extracted in the white line candidate point extraction processing are linearly approximated by using a Hough transformation, and straight lines 134, 136 along the lines that are supposed to be white lines are found. The region bounded by the found straight lines 136, 138 and the lower limit line 130 is set as a vehicle recognition region  $W_p$  (see FIG. 5(4)).

Furthermore, when the road 122 is a curved road, there is a difference in inclination of the found straight lines 136, 138, and the region bounded by the lower limit line 130 is set as the vehicle recognition region  $W_p$  (see FIG. 5(2)).

[0035] After the white line candidate point extraction processing and straight line approximation processing have been completed, a horizontal edge detection processing and a vertical edge detection processing are successively conducted, the presence of the vehicle 11 ahead is evaluated in the vehicle recognition region  $W_p$  and, when the vehicle 11 ahead is present, the distance  $\Delta V$  between the vehicles is calculated (step 720). The processing of this step 720 will be explained below.

[0036] In the horizontal edge detection processing, first, horizontal edge points are detected by the processing identical to the above-described white line candidate point detection processing inside the vehicle recognition region  $W_p$ . Then, the horizontal edge points that were thus detected are integrated in the lateral direction, and a peak point  $E_p$  in the position where the integrated value exceeds the prescribed value is detected (see FIG. 5(5)).

[0037] In the vertical edge detection processing, when there are a plurality of peak points  $E_p$  of the integrated values of horizontal edge points, wind regions  $W_R$ ,  $W_L$  for detecting the vertical lines are so set as to include each of the two ends of the horizontal edge points contained in a peak point  $E_p$  successively from the peak point  $E_p$  positioned in the lower section on the image (point at close distance) (see FIG. 5(6)). The vertical edges are detected in the wind regions  $W_R$ ,  $W_L$ , and the vehicle 11 ahead is determined to be present when the vertical lines 138R, 138L were detected with good stability. The vehicle width is then determined by finding the spacing between the vertical lines 138R, 138L in

the lateral direction that were individually detected in the wind regions  $W_R$ ,  $W_L$  and the distance  $\Delta V$  between the vehicle 11 ahead and the own vehicle 10 is calculated from the position of the horizontal edge of the vehicle 11 ahead and the vehicle width that was thus found. The spacing between the vertical lines 138R, 138L in the lateral direction can be calculated from the difference between the representative X coordinates (for example, average coordinate value or coordinate value with a high frequency of occurrence) of each of the vertical lines 138R, 138L.

[0038] If the above-described processing is completed, a set travel processing is executed (step 730). Step 730 is an example of processing conducted to feedback control the presence of the vehicle ahead in the set travel mode such as a constant speed travel control or vehicle-to-vehicle distance control. For example, when the distance  $\Delta V$  between the vehicles, which was found, exceeds the prescribed value, the contact-speed travel mode is maintained, and when the distance  $\Delta V$  between the vehicles is equal to or less than the prescribed value, the constant-speed travel mode is canceled. Furthermore, when the distance between the vehicles is controlled for the prescribed value, the vehicle speed is controlled so that a constant distance  $\Delta V$  between the own vehicle 10 and the vehicle 11 ahead is maintained.

[0039] The operation of the present embodiment will be described below. If the driver switches on a light switch (not shown in the figure) and turns on the headlamps 18, 20, the control main routine shown in FIG. 7 is executed for each prescribed interval. In this control routine, in step 200 the vehicle ahead is recognized (FIG. 8), in the next step 300 a gain of the actuator for light distribution control with respect to the vehicle ahead is set (FIG. 9), in the next step 400 the oncoming vehicle 11A is recognized (FIG. 11), in the next step 500 a gain of the actuator for light distribution control with respect to the oncoming vehicle is set (FIG. 10), and in the next step 600 headlamps 18, 20 are light distribution controlled based on the gains that were thus set.

[0040] The step 200 will be explained below in greater detail. As shown in FIG. 8, in step 202 a white line detection wind region  $W_{sd}$  is set in the same manner as described above. When driving at night, only image up to about 40-50 m in front of the vehicle 10 can be detected, and detecting the images at a distance of above 60 m ahead of the vehicle 10 becomes unnecessary. For this reason, in the present embodiment, because the white line detection wind region  $W_{sd}$  is determined for the region up to 60 m ahead of the vehicle 10, a white line detection wind region  $W_{sd}$  obtained by subtracting the region above the prescribed horizontal line 140 from the wind region  $W_s$  is set (see FIG. 12).

[0041] In the next step 204, approximated lines along the white line are found. Thus, edge points present in the white line detection wind region  $W_{sd}$  are detected, Hough transformation is carried out, and approximated lines 142, 144 along the white line of the road 122 that were linearly approximated are found (see FIG. 12; see the above-described step 710). In the next step 206, the intersection point  $P_N$  (X coordinate,  $X_N$ ) of the approximated lines 142, 144 is found and the displacement  $A$  ( $A = X_N - X_0$ ) in the horizontal direction between the intersection point  $P_N$  and the intersection point  $P_0$  (X coordinate,  $X_0$ ) relating to a straight road, which is taken as a standard, is found. This displacement  $A$  corresponds to the curving degree of the road 122.

[0042] The speed  $V$  of the own vehicle 10 is then read (step 208) and the left and right correction widths  $\alpha_R$ ,  $\alpha_L$  for correcting the position of the approximated lines correspondingly to the speed  $V$  and curving degree (displacement  $A$ ) are set (step 210). For example, the curving degree of the road is determined as a straight road, a right-curve road, or a left-curve road and the correction widths  $\alpha_R$ ,  $\alpha_L$  are set correspondingly to each curving degree of the road. The straight road, right-curve road, or left-curve road can be determined by setting in advance the prescribed thresholds for the displacement  $A$  which is assumed to correspond to a straight road.

[0043] In the road that was considered to be a straight road, the curvature radius of the road along which the vehicle can turn when it is driven at a high speed is large, and the vehicle can be assumed to travel along an almost straight-line road. On the other hand, when the vehicle is driven at a low speed, even if the road immediately in front of the vehicle is close to an almost straight road, the road with a small curvature radius is sometimes farther ahead and sometimes no vehicle ahead is contained in the recognition region obtained by the white line approximation up to 60 m ahead. Increasing both correction widths  $\alpha_R$ ,  $\alpha_L$  when the vehicle is driven at a low speed and decreasing the two when the speed is high (see FIG. 19) increases the vehicle recognition region when the vehicle is driven at a low speed over that at a high speed and increases the recognition region of the vehicle 11 ahead (see FIG. 14).

[0044] Furthermore, in the road that is considered to be curved to the right, the left and right regions where the vehicle ahead is present vary correspondingly to the curving degree of the road (see FIG. 15). For this reason, the correction values  $\alpha_R'$ ,  $\alpha_L'$  are determined correspondingly to the vehicle speed  $V$  (correspondingly to the correction quantities shown in FIG. 19) and the left and right gains  $GL$ ,  $GR$  are determined correspondingly to the curving degree of the road (displacement  $A$ ) (see FIG. 20 and FIG. 21). The left and right correction widths  $\alpha_R$ ,  $\alpha_L$  are set to individual values by setting the very last correction width by this correction values and gains. Therefore, when the curvature radius in the road curved to the right is small (displacement  $A$  is large) and the probability of the vehicle 11 ahead being present on the right side is high, the right correction width  $\alpha_R$  becomes large and the left correction width  $\alpha_L$  becomes small. Furthermore, when the curvature radius in the road curved to the right is large (displacement  $A$  is small), the right correction width  $\alpha_R$  becomes small and the left correction width  $\alpha_L$  becomes large.

[0045] In the road that is assumed to be curved to the left, the characteristics are inverted with respect to those of the road that is assumed to be curved to the right. Thus, when the curvature radius in the road curved to the left is small (displacement  $A$  is large) and the probability of the vehicle 11 ahead being present on the left side is high, the right correction width  $\alpha_R$  becomes small and the left correction width  $\alpha_L$  becomes large.

[0046] In the next step 212, the vehicle recognition region  $W_p$  for recognition processing of the vehicle 11 ahead is determined by using the lower limit line 130, approximated lines 142, 144, and the left and right correction widths  $\alpha_R$ ,  $\alpha_L$  that were set (see FIG. 13).

[0047] As described hereinabove, if the vehicle recognition region  $W_p$  is determined, the routine advances to step 214, the present vehicle ahead is recognition processed, and the distance  $\Delta V$  between the vehicles is calculated by conducting horizontal edge point integration in the vehicle recognition region  $W_p$  determined in the same manner as in the detection processing of the vehicle ahead of step 720 (step 216).

[0048] Thus, because the recognition region of the vehicle 11 ahead is changed correspondingly to the curving degree of the road and vehicle speed, the vehicle recognition region that will be obtained can reliably contain the range in which the probability of the vehicle ahead being present is actually high, and the vehicle ahead can be recognized with high probability.

[0049] In the present embodiment, when the detection of the white line is impossible, the vehicle recognition region based on the position of the white line detected in the previous cycle is used.

[0050] Step 300 will be explained below in greater detail. Step 300 is a subroutine for setting the gain (rotation quantity of the shade cam) for moving the actuator to a cut line position in which no glare is caused to the vehicle 11 ahead (see FIG. 9).

[0051] First, in step 302, the distance  $\Delta V$  between the vehicles is read and the routine advances to step 304. In step 304, the gains  $DEG_L$ ,  $DEG_R$  of actuators 40, 42 are determined correspondingly to the distance  $\Delta V$  between the vehicles and the curving degree.

[0052] The gains  $DEG_L$ ,  $DEG_R$  of the left and right actuators 40, 42 corresponding to the road that is assumed to be a straight road are so determined that the gains increase as the distance  $\Delta V$  between the vehicles increases. (see FIG. 22). In the present embodiment, the relationship between the distance between the vehicles and gain in the case of a straight road is stored as a map 1, which is a table, in the ROM 52.

[0053] Furthermore, when the road was considered to be curved to the right, the gains  $DEG_L$ ,  $DEG_R$  are determined according to the curving degree (displacement A) of the road curved to the right. When the curvature radius of the right curve of the road is large, the road is considered to be almost straight and the gains  $DEG_L$ ,  $DEG_R$  of the actuators 40, 42 corresponding to the distance  $\Delta V$  between the vehicles are determined with reference to map 1 (FIG. 220). When the curvature radius of the right curve is small, the probability of the vehicle ahead being present on the right side is high, light distribution (cut line 70) on the right side may be used, the gain  $DEG_R$  of the actuator 42 is taken as the prescribed value, and the gain  $DEG_L$  of the actuator 40 corresponding to the right cut line control is determined to assume a value corresponding to the distance  $\Delta V$  between the vehicles. Thus, the gain  $DEG_R$  is the prescribed value, regardless of the distance  $\Delta V$  between the vehicles, and the gain  $DEG_L$  increases with the increase in the distance  $\Delta V$  between the vehicles (see FIG. 3). In the present embodiment, the relationship between the distance between the vehicles and the gains in the case of the road curved to the right is stored as map 2, which is a table, in the ROM 52. Furthermore, when the distance between the vehicles is less than the prescribed value (for example, 70 m), the distance to the vehicle 11 ahead is small and the effect of glare depending on the distance between the vehicles is large. Therefore, the gains  $DEG_L$ ,  $DEG_R$  are determined in the same manner as in the case of a straight road.



[0054] Furthermore, when the road was considered to be curved to the left, the settings are made based on a characteristic opposite that of the road that was considered to be curved to the right. Thus, when the probability of the vehicle 11 ahead being present on the left side is high, the gain  $DEG_L$  is taken as the prescribed value, regardless of the distance  $\Delta V$  between the vehicles, and the gain  $DEG_R$  is increased following the increase in the distance  $\Delta V$  between the vehicles. In the present embodiment, this relationship is stored as a map 3, which is a table, in the ROM 52.

[0055] Furthermore, the value of the curving degree representing the straight road, road curved to the right, and road curved to the left can be estimated by storing in advance the estimation standard values.

[0056] Thus, in the present embodiment, a vehicle recognition region is set for recognizing the vehicle present in the road ahead of the own vehicle from the image picked up with the TV camera, the vehicle ahead is recognized by changing this vehicle recognition region correspondingly to the vehicle speed and road shape, and the light distribution of the headlamp is changed. Therefore, optimum light illumination with the headlamps of the own vehicle 10 is conducted, without causing glare to the driver of the vehicle 11 ahead.

[0057] The step 400 will be explained below in greater detail (see FIG. 11). If the oncoming vehicle recognition sub-routine shown in FIG. 11 is executed, the processing proceeds to step 402 and the oncoming vehicle recognition region is set. More specifically, similarly to setting the recognition region for a vehicle ahead, an oncoming vehicle recognition region  $W_{p0}$  for conducting recognition processing of the oncoming vehicle 11A is determined (see FIG. 17) correspondingly to the vehicle speed  $V$  and curving degree of the road (displacement  $A$ ). Thus, the region on the right side of the approximated line 144 is considered as the oncoming vehicle recognition region  $W_{p0}$  and the left limit position of the oncoming vehicle recognition region  $W_{p0}$  set by the approximated line 144 is corrected.

[0058] When the road is assumed to be almost straight, the correction width  $\alpha_{R0}$  for correcting the position of the approximated line is increased when the vehicle is driven at a low speed and decreased when the vehicle is driven at a high speed, in the same manner as in the above-described recognition of the vehicle ahead (see FIG. 24). In this case, the oncoming vehicle recognition region  $W_{p0}$  when the vehicle is driven at a low speed is wider than that obtained when the vehicle is driven at a high speed.

[0059] Furthermore, when the road is assumed to be curved to the right, a correction value  $\alpha_{R0}'$  corresponding to the vehicle speed  $V$  (FIG. 24) and a gain  $GR_0$  corresponding to the curving degree of the road (displacement  $A$ ) are set (see FIG. 25), and the right correction width  $\alpha_{R0}$  for correcting the position of the approximation line is finally (multiplication) determined based on those correction value  $\alpha_{R0}'$  and gain  $GR_0$ . The oncoming vehicle recognition region  $W_{p0}$  for recognition processing of the oncoming vehicle 11A is determined by using the correction width  $\alpha_{R0}$  that was thus determined. On the other hand, when the road is assumed to be curved to the left, a correction value  $\alpha_{R0}'$  corresponding to the vehicle speed  $V$  and a gain  $GR_0$  corresponding to the curving degree

of the road (displacement A) are set (see FIG. 26), the final correction width  $\alpha_{R0}$  is determined based on the correction value  $\alpha_{R0}'$  and gain  $GR_0$ , and the oncoming vehicle recognition region  $W_{p0}$  is determined.

[0060] Furthermore, in the characteristics of the gain relating to the road curved to the right, the gradient is realized with respect to that of the characteristic relating to the road curved to the left. This is because the probability of the oncoming vehicle being present on the right side is higher.

[0061] If the oncoming vehicle recognition region  $W_{p0}$  is determined as described above, the routine proceeds to step 404 and the image 120, which is an input image (see FIG. 18(1)) is binarized. Thus, because the light from the headlamps of the oncoming vehicle is a direct light, the quantity of light is comparatively easy to specify. Therefore, binarization is conducted by taking the region equal to or higher than the prescribed threshold value (for example, a value at 90% of the peak value of the brightness) of the image 120 as a bright region (for example data 1) and taking the region below the threshold value as a dark region (for example, data 0) ( see FIG. 18(2)). Then, the expansion-contraction processing is conducted the prescribed number of times (three times in the present embodiment) to remove peaks and valleys (step 406). Thus, the contraction processing in which all the boundary pixels are deleted with respect to the bright regions and the "skin" layer is removed and the expansion processing in which, conversely, the boundary pixels are multiplied in the background direction and the "skin" layer is increased are conducted, the weakly bonded regions are separated, and fine peaks and valleys present on the boundary section of the bright regions and dark regions are removed.

[0062] In the next step 408, labeling is conducted with respect to each bright region from which the aforementioned small peaks and valleys have been removed (see reference numbers 1-3) in FIG. 18(3)). Then, in step 410, the surface area and position of the center of gravity of pixel units are calculated with respect to each labeled bright region. The position of the center of gravity can be calculated from the X coordinate value and Y coordinate value of each pixel contained in the bright region, and the surface area can be calculated by counting the number of pixels contained in the bright region. In this case, as shown in FIG. 18(3), the bright region with the reference number 1 has a value of center of gravity ( $X_1, Y_1$ ) and a surface area  $S_1$ . Similarly, the bright region with the reference number 2 has a value of center of gravity ( $X_2, Y_2$ ) and a surface area  $S_2$ , and the bright region with the reference number 3 has a value of center of gravity ( $X_3, Y_3$ ) and a surface area  $S_3$ .

[0063] Here, the oncoming vehicle 11A usually has a pair of left and right headlamps, and the light emitted by the oncoming vehicle 11A toward the own vehicle 10 is formed as a pair bright regions with the prescribed spacing corresponding to the vehicle width in an almost horizontal direction. Therefore, if the bright regions with the prescribed spacing corresponding to the vehicle width in an almost horizontal direction are detected from the image 120, this pair of bright regions have a high probability of being the headlamps of the oncoming vehicle. Accordingly, in the next step 412, all the pairs of bright regions which have almost identical coordinates of centers of gravity and in which the distance in X coordinate is equal to or less than the prescribed value corresponding to

the spacing between the headlamps of a standard vehicle are detected and taken as candidate regions for the headlamps of the oncoming vehicle 11A. In this case, the bright region pair A is appropriate (see FIG. 18(3)).

[0064] Furthermore, the headlamps are usually located in a low position and the light from the headlamps that was reflected by a road surface such as street or highway also propagates ahead of the vehicle. Therefore, when the oncoming vehicle 11A is present, bright images are formed in the prescribed position (road surface) and below the direct light (bright region pair) from the headlamps in the image 120. For this reason, if the bright image is present below the bright image pair, the presence of the oncoming vehicle 11A can be recognized with high probability. Furthermore, the formation state of this bright region differs according to the state of the road surface. For example, in a paved road, the light from a pair of headlamps is scattered by the road surface and one bright region is formed (FIG. 18). When the reflection factor of the road surface is high, e.g., during the rain, each beam from a pair of headlamps is reflected by the road surface and two bright regions are formed on the road surface (see FIG. 30(1)). Therefore, in the next step 414, the headlamps of the oncoming vehicle 11A are recognized and the oncoming vehicle 11A is recognized to be present when there is a bright region pair, of the detected candidate regions (bright region pairs) of the oncoming vehicle 11A, to which 1-2 bright regions correspond that are below the bright region pair and have the surface area equal to or above the prescribed value. Thus, in the case illustrated by FIG. 18, the presence of the oncoming vehicle 11A is recognized by recognizing the bright region pair A as the headlamps of the oncoming vehicle 11A by the presence of the bright region (reference number 3) corresponding to the bright region pair A (bright regions with reference numbers 1, 2). Furthermore, in the case of rain or the like, as shown in FIG. 30(2), the presence of the oncoming vehicle 11A is recognized by recognizing the bright region pair B as the headlamps of the oncoming vehicle 11A by the presence of the bright region (reference numbers 6, 7) corresponding to the bright region pair B (bright regions with reference numbers 4, 5).

[0065] If the oncoming vehicle 11A is recognized, in the next step 416, the distance  $\Delta V$  from the own vehicle to the oncoming vehicle is calculated based on the Y coordinates (average values of coordinate values  $Y_1$ ,  $Y_2$ ) of the bright region pair A that was recognized as the oncoming vehicle 11A. Thus, the coordinate values move upward on the image 120 as the distance between the vehicles increases, and the ratio thereof is proportional to the pick-up magnification of the TV camera 22. Furthermore, the distance  $\Delta V$  between the vehicles can be also calculated from the ratio of the spacing (difference between the coordination values  $X_1$ ,  $X_2$ ) of the bright region pair A and the distance on the X coordinate related to the width (headlamp spacing) of the standard vehicle.

[0066] The recognition processing of the oncoming vehicle 11A is thus conducted in the oncoming vehicle recognition region  $W_{p0}$  determined corresponding to the vehicle speed and curving degree of the road. During this recognition processing, even when a plurality of light spots formed by the light from the streetlamp or sources other than the vehicle are formed in the image picked up with the TV camera 22, the respective bright regions of a pair of headlamps are detected and the oncoming vehicle is recognized by

recognizing the headlamps of the oncoming vehicle when there are bright regions, of the aforementioned bright regions, in the reflection zone of the road surface present therebelow. Thus, in the present embodiment, only the bright regions that are highly probable to represent the oncoming vehicle can be extracted and the oncoming vehicle can be recognized with higher reliability.

[0067] The step 500 will be explained below in greater detail. Step 500 is a sub-routine for setting a gain (rotation quantity of a shade cam) for moving an actuator to the cut line positioning which no glare is caused to the oncoming vehicle 11A (see FIG. 10).

[0068] First, in step 502, the distance  $\Delta V$  between the vehicles is read and the routine advances to step 504. In step 504, the gains  $DEG_L$ ,  $DEG_R$  of the actuators 40, 42 are determined correspondingly to the distance  $\Delta V$  between the vehicles and degree of curving.

[0069] When the road is assumed to be a straight road or a road curved to the right, the probability of the oncoming vehicle 11A being present on the right side of the screen is high. Therefore, no glare is caused by the movement of the actuator 42 with respect to the left cut line. Therefore, the determination of the gains  $DG_L$ ,  $DG_R$  is so conducted that, as shown in FIG. 27, only the gain  $DG_L$  relating to the actuator 40 relating to the right cut line increases with the increase in the distance  $\Delta V$  between the vehicles. In the present embodiment, the relationship between the distance between the vehicles and gain shown in FIG. 27 is stored as a map 4, which is a table, in the ROM 52.

[0070] Furthermore, in the case of the road curved to the left, when the curvature radius is small, the contribution to glare is small even if the left cut line 72 is moved. Therefore, the gains  $DG_L$ ,  $DG_R$  are determined as the prescribed values, regardless of the distance  $\Delta V$  between the vehicles (see FIG. 28). In the present embodiment, the relationship between the distance between the vehicles and gain shown in FIG. 28 is stored as a map 5, which is a table, in the ROM 52.

[0071] Furthermore, in the case where the curving degree of the road curved to the left is small, the gains  $DG_L$ ,  $DG_R$  are determined as the values corresponding to the distance  $\Delta V$  between the vehicles (see FIG. 29). In the present embodiment, the relationship between the distance between the vehicles and gain shown in FIG. 29 is stored as a map 6, which is a table, in the ROM 52.

[0072] The step 600 will be explained below in greater detail. If the determination of gains of actuators 40, 42 relating to the vehicle 11 ahead and the oncoming vehicle 11A is completed in the above-described manner, in step 516, the smaller of the gains  $DEG_L$ ,  $DG_L$  relating to the actuator 40 and the smaller of the gains  $DEG_R$ ,  $DG_R$  relating to the actuator 42 are selected. The shade cams of the actuators 40, 42 are moved and the distribution of light of the headlamp 18 is changed by controlling the actuators corresponding to the gains of the actuators 40, 42 that were thus selected.

[0073] Thus, in the present embodiment, the vehicles present on the road ahead of the own vehicle are recognized by further adding the oncoming vehicle recognition region for recognizing the oncoming vehicle to the vehicle recognition region for recognizing the vehicle ahead. Therefore, the optimum light illumination by the headlamps of the own vehicle 10 is conducted without causing glare to the oncoming vehicle.

[0074] Furthermore, in the present embodiment the distribution of light ahead of the vehicle was controlled with the shade cams, but the light of the headlamps may be also shaded with light shading plates or shutters. Furthermore, the distribution of light was controlled by shading the light of the headlamp, but the emission optical axis of the headlamp may be deflected.

[0075] Furthermore, in the present embodiment, the case was explained where the oncoming vehicle traveled in compliance with the traffic laws according to which the oncoming vehicle is present on the right side ahead of the own vehicle, but the present invention is not limited to this configuration and can be easily employed with respect to the right-side traffic regulations.

[0076] Furthermore, in the above-described embodiment, a standard recognition region can be set even when white line detection is not conducted during image detection, by storing data relating to a vehicle traveling on a straight and flat road where lines of the prescribed width are provided on both sides of the vehicle as the data for white lines of the road that are the initial data. In addition, the recognition region based on the driver's settings can be established by storing and selecting a plurality of patterns of the data.

[0077] Furthermore, in the above-described embodiment, the oncoming vehicle was recognized by headlamps of the oncoming vehicle, but the present invention is not limited to this configuration and the oncoming vehicle may be also recognized by detecting the auxiliary lamps such as fog lamps.

[0078]

[Effect of the Invention] As described hereinabove, an oncoming vehicle is recognized by recognizing the light of headlamps or fog lamps of the oncoming vehicle and the light of the oncoming vehicle from the reflected light from the road created by the aforementioned lights. Therefore, even when a plurality of light spots are present in the image, the region with a high probability of the lights being the lights of the oncoming vehicle can be extracted and the oncoming vehicle can be recognized with good probability.

[Brief Description of the Drawings]

FIG. 1 is a perspective view as viewed at an angle from the front of the vehicle that illustrates the front section of the vehicle used in the present embodiment.

FIG. 2 is a perspective view illustrating a schematic structure of a headlamp that can employ the present invention.

FIG. 3 is a cross-sectional view illustrating schematic configuration of the headlamp (I-I line in FIG. 2).

FIG. 4 is a block diagram illustrating the schematic configuration of the control unit.

FIG. 5 is an image diagram for explaining the process of recognizing a vehicle ahead based on the image signals outputted by the TV camera that picks up images in a daytime.

FIG. 6 is a flowchart illustrating the recognition processing routine of a vehicle ahead based on the image signals of the TV camera that picks up images in a daytime.

FIG. 7 is a flowchart illustrating the control main routine of the present embodiment.

FIG. 8 is a flowchart illustrating the recognition processing routine of the vehicle ahead of the present embodiment.

FIG. 9 is a flowchart illustrating the gain setting subroutine of the vehicle ahead.

FIG. 10 is a flowchart illustrating the gain setting subroutine of the oncoming vehicle.

FIG. 11 is a flowchart illustrating the oncoming vehicle recognition processing routine of the present embodiment.

FIG. 12 is a diagram illustrating the wind region during white line recognition.

FIG. 13 is a diagram illustrating a vehicle recognition region.

FIG. 14 is an image diagram for explaining how the vehicle recognition region is changed correspondingly to the vehicle speed.

FIG. 15 is an image diagram illustrating the correction width and wind region corresponding to a curved road of different curvature.

FIG. 16 is an image diagram for explaining the cut line displaced by an actuator.

FIG. 17 is an image diagram illustrating the oncoming vehicle recognition region of the present embodiment.

FIG. 18 is an image diagram illustrating the process of oncoming vehicle recognition of the present embodiment.

FIG. 19 is a diagram illustrating the relationship between the vehicle speed and the correction width (correction value) of the wind region of the present embodiment.

FIG. 20 is a diagram illustrating the relationship between the curving degree of the road curved to the right and a gain that determines the correction width of the wind right side.

FIG. 21 is a diagram illustrating the relationship between the curving degree of the road curved to the right and a gain that determines the correction width of the wind left side.

FIG. 22 is a diagram illustrating the relationship between the distance between the vehicles and the control gain of the actuator.

FIG. 23 is a diagram illustrating the relationship between the distance between the vehicles and the control gain of the actuator.

FIG. 24 is a diagram illustrating the relationship between the vehicle speed and the correction width (correction value) of the wind region of the present embodiment.

FIG. 25 is a diagram illustrating the relationship between the curving degree of the road curved to the left and a gain that determines the correction width of the wind right side.

FIG. 26 is a diagram illustrating the relationship between the curving degree of the road curved to the right and a gain that determines the correction width of the wind left side.

FIG. 27 is a diagram illustrating the relationship between the distance between the vehicles and the control gain of the actuator.

FIG. 28 is a diagram illustrating the relationship between the distance between the vehicles and the control gain of the actuator.

FIG. 29 is a diagram illustrating the relationship between the distance between the vehicles and the control gain of the actuator.

FIG. 30 is an image diagram illustrating the bright region produced by the headlamp and the picked-up image of the oncoming vehicle during the rain.

[Keys]

- 18, 20 headlamps
- 40, 42 actuators
- 22 TV camera
- 48 image processing unit
- 50 control unit
- 66 speed sensor
- 100 traveling vehicle recognition device

FIG. 1

18 HEADLAMPS

FIG. 3

40, 42 ACTUATORS

FIG. 4

48 IMAGING DEVICE

58 INPUT PORT

64 DRIVER UNIT

60 OUTPUT PORT

FIG. 5

INTEGRAL VALUE

FIG. 6

START

710 VEHICLE DETECTION REGION IS SET (LANE DETECTION)

720 VEHICLE AHEAD IS EXTRACTION PROCESSED

730 CRUISE CONTROL

END

FIG. 7

START

200 VEHICLE AHEAD IS RECOGNIZED

300 GAIN IS SET

400 ONCOMING VEHICLE IS RECOGNIZED

500 GAIN IS SET

600 LIGHT DISTRIBUTION IS CONTROLLED

END

FIG. 8

START

202 WHITE LINE DETECTION WIND IS SET

204 APPROXIMATED LINES ARE CALCULATED

206 CURVING DEGREE IS CALCULATED

208 SPEED V OF OWN VEHICLE IS READ

210 WIND CORRECTION WIDTH IS SET

212 VEHICLE RECOGNITION REGION IS SET

214 VEHICLE AHEAD IS RECOGNIZED (HORIZONTAL EDGE POINT  
INTEGRATION)

216 DISTANCE  $\Delta V$  BETWEEN VEHICLE IS CALCULATED

RETURN

FIG. 9

START

302 DISTANCE BETWEEN VEHICLES IS READ (CURVING DEGREE)

304 GAIN IS SET (MAP)

RETURN

FIG. 10

START



502 DISTANCE BETWEEN VEHICLES IS READ  
 504 GAIN IS SET (MAP)  
 RETURN  
 FIG. 11  
 START  
 402 ONCOMING VEHICLE RECOGNITION REGION IS SET  
 404 INPUT IMAGE IS BINARIZED  
 406 PEAKS AND VALLEYS ARE REMOVED  
 408 LEVELING IS CONDUCTED  
 410 CENTER OF GRAVITY AND SURFACE AREA CALCULATED  
 412 ONCOMING VEHICLE LIGHT CANDIDATES ARE DETECTED  
 414 ONCOMING VEHICLE IS DETERMINED  
 416 DISTANCE BETWEEN VEHICLE IS CALCULATED  
 RETURN  
 FIG. 14  
 LOW SPEED  
 HIGH SPEED  
 FIG. 15  
 CURVATURE RADIUS OF ROAD CURVED TO THE RIGHT IS LARGE  
 CURVATURE RADIUS OF ROAD CURVED TO THE RIGHT IS SMALL  
 FIG. 46  
 BASED ON 42  
 BASED ON 40  
 FIG. 19  
 CORRECTION VALUES  
 VEHICLE SPEED V  
 FIG. 20  
 ORDINATE: GAIN  
 ABSCISSA: DISPLACEMENT A  
 FIG. 21  
 ORDINATE: GAIN  
 ABSCISSA: DISPLACEMENT A  
 FIG. 22  
 ORDINATE: GAIN  
 MAP 1  
 ABSCISSA: DISTANCE  $\Delta V$  BETWEEN VEHICLES  
 FIG. 23  
 ORDINATE: GAIN  
 ABSCISSA: DISTANCE  $\Delta V$  BETWEEN VEHICLES  
 FIG. 24  
 ORDINATE: CORRECTION VALUES  
 ABSCISSA: VEHICLE SPEED V  
 FIG. 25

ORDINATE: GAIN

ABSCISSA: DISPLACEMENT A

FIG. 26

ORDINATE: GAIN

ABSCISSA: DISPLACEMENT A

FIG. 27

ORDINATE: GAIN

MAP 4

ABSCISSA: DISTANCE  $\Delta V$  BETWEEN VEHICLES

FIG. 28

ORDINATE: GAIN

MAP 5

ABSCISSA: DISTANCE  $\Delta V$  BETWEEN VEHICLES

FIG. 29

ORDINATE: GAIN

MAP 6

ABSCISSA: DISTANCE  $\Delta V$  BETWEEN VEHICLES

VERIFICATION OF A TRANSLATION

I, the below named translator, hereby declare that:

My name and post office address are as stated below:

**Boris Zhupanov, 5097 Glenaire Drive, Dublin, Ohio 43017**

That I am knowledgeable in the English language and in the language in which the below identified international document was written, and that I believe the English translation of the attached document

**Oncoming Vehicle Recognition Device**

**JP-A-6-276524**

is a true and complete translation of the above identified document.

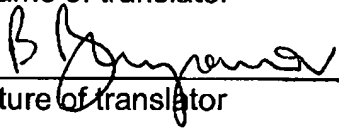
I hereby declare that all statements made herein are true and that all statements made on information and belief are believed to be true; and further that these statements were made with the knowledge that willful false statements and the like so made are punishable by fine or imprisonment, or both, under Section 1001 of Title 18 of the United States Code and that such willful false statements may jeopardize the validity of the document.

October 17, 2005

Date

\_\_\_\_\_  
Boris Zhupanov

\_\_\_\_\_  
Full name of translator

  
\_\_\_\_\_  
Signature of translator